

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGE

CARLA BARAQUI DA COSTA

**MODELAGEM GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO ENTORNO DOS BAIRROS
MATA DA PRAIA E JARDIM DA PENHA (VITÓRIA, ES, SUDESTE DO BRASIL)**

VITÓRIA

2018

CARLA BARAQUI DA COSTA

**MODELAGEM GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO ENTORNO DOS BAIRROS
MATA DA PRAIA E JARDIM DA PENHA (VITÓRIA, ES, SUDESTE DO BRASIL)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil na Universidade Federal do Espírito
Santo (UFES), como requisito para obtenção do grau de
Mestre em Estruturas.

Orientador: Prof. DSc. Patrício José Moreira Pires

Co-orientadora: Profa. DSc. Luiza Leonardi Bricalli

VITÓRIA

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Costa, Carla Baraqui da, 1990-
C837m Modelagem geológica-geotécnica do entorno dos bairros
Mata da Praia e Jardim da Penha (Vitória, ES, Sudeste do Brasil)
/ Carla Baraqui da Costa. – 2018.
177 f. : il.

Orientador: Patrício José Moreira Pires.

Coorientador: Luiza Leonardi Bricalli.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Mapeamento geológico. 2. Interpolação. 3. Litologia.
4. Estratigrafia (Geologia). 5. Modelo geológico-geotécnico.
6. Sondagem SPT. I. Pires, Patrício José Moreira. II. Bricalli,
Luiza Leonardi. III. Universidade Federal do Espírito Santo.
Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 624

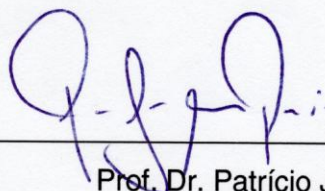
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

MODELAGEM GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO ENTORNO DOS BAIRROS MATA DA PRAIA E JARDIM DA PENHA (VITÓRIA, ES, SUDESTE DO BRASIL)

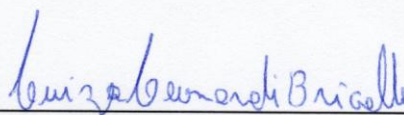
Carla Baraqui da Costa

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de Estruturas.

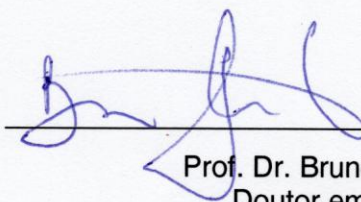
Aprovada no dia **24 de maio de 2018** por:



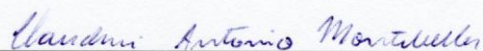
Prof. Dr. Patrício José Moreira Pires
Doutor em Engenharia Civil
Orientador - UFES



Profa. Dra. Luiza Leonardi Bricalli
Doutora em Geologia
Coorientadora - UFES



Prof. Dr. Bruno Teixeira Dantas
Doutor em Engenharia Civil
Examinador Interno - UFES



Prof. Dr. Claudinei Antônio Montebeller
Doutor em Engenharia Agrícola
Examinador Externo - INCAPER/UNESC

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a minha família e ao meu esposo pelo carinho, motivação e incentivo durante o mestrado.

Em especial aos meus avós Marcília (*in memoriam*) e Pedro.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por Ele me fazer lembrar sempre que sou mais forte do que penso, por ter me dado sabedoria e forças para chegar até aqui.

Aos meus Pais, Valcreir e Dizerlei, por toda confiança depositada em mim, pelo amor e carinho incondicional, por não me deixarem desistir, e me apoiarem até aqui.

A minha avó Marcília (*in memoriam*), que me deu todo amor, palavras de incentivo e carinho quando eu achei que não seria possível chegar até o final, Deus a levou antes de concluir esse objetivo, mas levarei sempre comigo seu apoio e amor incondicional.

Ao meu avô Pedro, que não me deixa desistir nunca, que me dá todo amor e carinho, e que me faz querer sempre buscar mais e mais conhecimento.

A minha irmã Fernanda (*in memoriam*), por me ensinar a enxergar a vida de uma forma mais divertida, e aproveitar cada momento como se fosse o último.

Ao meu esposo, que esteve sempre presente e me apoiando ao longo da minha jornada acadêmica, por entender as minhas ausências e me incentivar nos momentos mais difíceis.

A minha segunda família Salles de Almeida, por estarem sempre presente mesmo distante, por sempre me fazerem sorrir, e ter momentos de lazer, me dando forças pra continuar a jornada.

A minha amiga Camila Maria, por sempre me acolher na sua casa, pelos momentos de descontrações, e pela força para continuar.

Ao meu orientador Patrício, pelo incentivo a pesquisa, pela amizade e companheirismo ao longo desses anos, por ser um exemplo de profissional para mim.

A minha co-orientadora Luiza, que tão prontamente atendeu e incentivou a nossa pesquisa. Por todo conhecimento e incentivo transmitido.

Aos meus colegas do mestrado, pelos momentos de lazer e pela contribuição ao longo do mestrado.

Aos amigos de Colatina, pelo carinho e momentos de lazer.

Às empresas STAN Fundações e Construções Civis Ltda. e Areia Branca Engenharia, que entenderam a importância da pesquisa e disponibilizaram os dados de sondagens. Em especial ao Engº. Guilherme Dadalto, aos Engº. Albano e Engº. Martinho.

RESUMO

A presente pesquisa tem por objetivo obter e reunir informações dos bairros Mata da Praia e Jardim da Penha (Vitória – ES) a fim de caracterizar e elaborar modelos geológico-geotécnico da região. Para alcançar o objetivo em questão foram coletados dados de investigações geotécnicas realizadas nos últimos dez anos por meio de Sondagens a Percussão (*Standard Penetration Test* – SPT). O trabalho consiste em reunir a maior quantidade de informações características das camadas sedimentares da área. Após realizar o reconhecimento das camadas foi feita a locação de cada furo de sondagens em seus respectivos terrenos com o auxílio do *software Google Earth*, possibilitando a obtenção das coordenadas UTM, na terceira etapa, tais dados foram compilados na planilha que tem por base o *Excel*, essa planilha foi exportada do *RockWorks* com intuito de agilizar o lançamento dados. Todos os dados reunidos até esta etapa (Altitude, coordenada geográfica, litologia, estratigrafia e NSPT), foram agrupados no mesmo arquivo dando a última etapa da pesquisa onde os dados foram importados para o *software RockWorks®* e processados. Por fim foram gerados três modelos geológico-geotécnicos, sendo eles: i) litológico ii) estratigráfico iii) SPT (N_{spt}) sendo que para o litológico e estratigráfico foram gerados três modelos diferentes um para as sondagens que atingem o impenetrável ao trépano, outro agregando as sondagens em que foram paralisadas pelo cliente e por fim um modelo em que os sedimentos foram reclassificados e nomeados conforme a NBR 6484:2011. A partir dos modelos criados confirmou-se que a região de estudo faz parte dos depósitos quaternários que foram formados na era cenozoica, comprovando que sua estratigrafia é composta por sedimentos fluviais de deltas, denominados por processos fluviais e aluvionares constituídos de areia e cascalho, também conseguimos comprovar a existência de camadas de argila muito mole nas proximidades de regiões onde possui afloramentos rochosos. Com todos os resultados alcançados, foi possível compreender a formação geológica da região e entender melhor sua litologia e estratigrafia.

Palavras-Chave: Modelo Geológico-Geotécnico; Perfil Geológico; SPT; Litologia; Estratigrafia; Interpolação de Dados.

ABSTRACT

The objective of this research is to obtain and gather information from Mata da Praia and Jardim da Penha neighborhoods (Vitória – ES) in order to characterize and elaborate geological-geotechnical models of the region. To achieve this objective data from geotechnical investigations carried out over the last ten years were collected through Percussion Surveys (*Standard Penetration Test* – SPT). The work consists of gathering the largest amount of characteristic information of the sedimentary layers of the area. After performing the layers recognition each drill hole were placed in their respective terrain using *Google Earth* software, making it possible to obtain UTM coordinates. In the third stage these data were copied into the Excel worksheet. This worksheet was exported from *RockWorks* in order to speed up the data release. All data collected up to this stage (Altitude, geographic coordinate, lithology, stratigraphy and NSPT), were grouped in the same file resulting in the last stage of the research where the data were imported to *RockWorks®* software and processed. Finally, three geological-geotechnical models were generated, they are: i) lithological ii) stratigraphic iii) SPT (N_{spt}). For the lithological and stratigraphic three different models were generated, one for the drilling that hits the impenetrable to the borer, another by aggregating the drilling in which they were stopped by the customer and finally a model in which the sediments were reclassified and named according to NBR 6484: 2011. From the created models it was confirmed that the study region is part of the quaternary deposits that were formed in the Cenozoic era, proving that its stratigraphy is composed of fluvial delta sediments, denominated by fluvial and alluvial processes consisting of sand and gravel. We have also been able to verify the existence of layers of very soft clay in the vicinity of regions where it has rocky outcrops. With all the results achieved, it was possible to understand the geological formation of the region and to better understand its lithology and stratigraphy.

Keywords: Geological-Geotechnical Model; Geological Profile; SPT; Lithology; Stratigraphy; Data Interpolation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mapa de Localização	18
Figura 2 -	Localização do Bairro Jardim da Penha..	19
Figura 3 -	Localização do Bairro Mata da Praia.	19
Figura 4 -	Mapa das províncias estruturais presentes na região Sudeste do Brasil, sobre modelo digital de elevação à evolução do paleocontinente Gondwana.	20
Figura 5 -	Mapa tectônico da Faixa Araçuaí e (B) seção estrutural E-W da Faixa Araçuaí	21
Figura 6 -	(A) Mapa tectônico do segmento central da Província Mantiqueira abrangendo a Faixa Ribeira e (B) seção estrutural A-B da Faixa Ribeira.	21
Figura 7 -	O orógeno Araçuaí na região central do Paleocontinente Gondwana	22
Figura 8 -	Mapa geológico do Orógeno Araçuaí.....	24
Figura 9 -	Carta Geológica do Estado do Espírito Santo (Ampliado).....	26
Figura 10 -	Mapa geomorfológico do estado do Espírito Santo, com destaque para as unidades geomorfológicas.	29
Figura 11 -	Mapa Geológico, com destaque para as unidades geológicas, Distribuição dos depósitos terciários da Formação de Barreiras ao longo do litoral.....	30
Figura 12 -	Perfil geotécnico típico de Vitória/ES.	31
Figura 13 -	Mapa do município de vitória na sua conformação atual, com delimitação da região do novo arrabalde e entorno.	32
Figura 14 -	Projeto Novo Arrabalde, com setorização dos três núcleos propostos: Novo Arrabalde propriamente dito, Vila Hortícula e Vila Operária.	33
Figura 15 -	Plano urbanístico relevantes da cidade de Vitória/ES	35
Figura 16 -	Linha do tempo de planos urbanísticos da cidade de Vitória/ES e pensamentos urbanísticos nas respectivas épocas.	35
Figura 17 -	Levantamento aerofotogramétrico trecho da baía de vitória, situado entre a Ilha do Príncipe e o Forte São João em 1940. Fonte: Prefeitura Municipal de Vitória.....	37
Figura 18 -	Levantamento aerofotogramétrico trecho da baía de vitória, situado entre a Ilha do Príncipe e o Forte São João em 1998.	38
Figura 19 -	Modelo tridimensional geológico geotécnico.....	42
Figura 20 -	Modelo Digital do Terreno (MDT) e sondagens sobre a projeção do túne.	42
Figura 21 -	Equipamento para ensaio de percussão e medição do SPT de subsolo.	44

Figura 22 - Planilha de auxílio para alimentar dados ao <i>software</i> RockWorks	47
Figura 23 - Mapa de localização das sondagens dos bairros Mata da Praia e Jardim da Penha	48
Figura 24 - Parte do mapa de localização das quadras e lotes dos bairros Mata da Praia e Jardim da Penha.....	48
Figura 25 - Sondagem 112-124 realizada em Mata da Praia	53
Figura 26 - Sondagem 213-217 Jardim da Penha.....	53
Figura 27 - Volume constante utilizado para construção do sólido	55
Figura 28 - Dimensões do modelo e espaçamento entre os nós	56
Figura 29 - Interface do programa para criar um novo projeto	56
Figura 30 - Função Randomize Blending(a) desligada e (b) ligada.....	57
Figura 31 - Função TiltedModeling(a) normal e (b) inclinada	58
Figura 32 - Opção Buffer Sizeda da função <i>UpperSurface Grid Filter</i>	58
Figura 33 - Modelo litológico, com vista SE-NW	61
Figura 34 - Seção do modelo Estratigráfico com vista NE-SW	61
Figura 35 - Disposição das sondagens na área de estudo	64
Figura 36 - Vista SE-NW da disposição tridimensional das sondagens	65
Figura 37 - Vista NW-SE da disposição tridimensional das sondagens	65
Figura 38 - Vista NE-SW da disposição tridimensional das sondagens	66
Figura 39 - Vista SW-NE da disposição tridimensional das sondagens	66
Figura 40 - Dimensões do projeto	67
Figura 41 - Modelo litológico-01 com visa NW-SE	68
Figura 42 - Modelo litológico-01 com visa NE-SW	68
Figura 43 - Modelo litológico-01 com visa NW-SE	69
Figura 44 - Modelo litológico-01 com visa NE-SW	69
Figura 45 - Locação das seções longitudinais do modelo litológico-01	70
Figura 46 - Vista NW-SE da seção longitudinal do modelo litológico-01	71
Figura 47 - Vista NE-SW da seção longitudinal do modelo litológico-01	71
Figura 48 - Vista SW-NE da seção longitudinal do modelo litológico-01	72
Figura 49 - Vista SE-NE da seção longitudinal do modelo litológico-01.....	72
Figura 50 - Locação das seções transversais do modelo litológico-01	73
Figura 51 - Vista NW-SE da seção transversal do modelo litológico-01	74
Figura 52 - Vista SE-NW da seção transversal do modelo litológico-01	74
Figura 53 - Vista NE-SW e SW-NE da seção transversal do modelo litológico-01	75

Figura 54 -	Vista NE-SW e SW-NE da seção transversal do modelo litológico-01	75
Figura 55 -	Mapa de localização do caminhamento seção A-A01'	77
Figura 56 -	Seção A-A01'	78
Figura 57 -	Mapa de localização do caminhamento seção A-A02'	79
Figura 58 -	Seção A-A02'	80
Figura 59 -	Mapa de localização do caminhamento seção A-A03'	81
Figura 60 -	Seção A-A03'	82
Figura 61 -	Mapa de localização do caminhamento seção A-A04'	83
Figura 62 -	Seção A-A04'	84
Figura 63 -	Mapa de localização do caminhamento seção A-A05'	85
Figura 64 -	Seção A-A05'	86
Figura 65 -	Seção horizontal do modelo litológico-01 na conta $Z=8$	87
Figura 66 -	Seção horizontal do modelo litológico-01 na conta $Z=4$	88
Figura 67 -	Seção horizontal do modelo litológico-01 na conta $Z=0$	88
Figura 68 -	Seção horizontal do modelo litológico-01 na conta $Z=-4$	89
Figura 69 -	Seção horizontal do modelo litológico-01 na conta $Z=-8$	90
Figura 70 -	Seção horizontal do modelo litológico-01 na conta $Z=-12$	91
Figura 71 -	Seção horizontal do modelo litológico-01 na conta $Z=-16$	92
Figura 72 -	Seção horizontal do modelo litológico-01 na conta $Z=-20$	93
Figura 73 -	Disposição das sondagens na área de estudo	95
Figura 74 -	Área com a delimitação das áreas de afloramento da região.....	95
Figura 75 -	Vista NW-SE da disposição tridimensional das sondagens	96
Figura 76 -	Vista NE-SW da disposição tridimensional das sondagens	96
Figura 77 -	Vista SW-NE da disposição tridimensional das sondagens	97
Figura 78 -	Vista NE-SW da disposição tridimensional das sondagens	97
Figura 79 -	Modelo litológico-02 com vista NW-SE	98
Figura 80 -	Modelo litológico-02 com vista NW-SE	99
Figura 81 -	Modelo litológico-02 com vista SW-NE do modelo litológico.....	100
Figura 82 -	Modelo litológico-02 com vista SE-NW	100
Figura 83 -	Locação das seções longitudinais do modelo litológico-02	101
Figura 84 -	Vista NW-SE da seção longitudinal do modelo litológico-02	102
Figura 85 -	Vista NE-SW da seção longitudinal do modelo litológico-02	102
Figura 86 -	Vista SW-NE da seção longitudinal do modelo litológico-02	103
Figura 87 -	Vista SE-NW da seção longitudinal do modelo litológico-02	103

Figura 88 -	Locação das seções transversais do modelo litológico-02	104
Figura 89 -	Vista NW-SE da seção transversal do modelo litológico-02	105
Figura 90 -	Vista SE-NW da seção transversal do modelo litológico-02	105
Figura 91 -	Vista NW-SE da seção transversal do modelo litológico-02	106
Figura 92 -	Vista SE-NW da seção transversal do modelo litológico-02	106
Figura 93 -	Mapa de localização do caminhamento seção A-A01'	107
Figura 94 -	Seção A-A01'	108
Figura 95 -	Mapa de localização do caminhamento seção A-A02'	109
Figura 96 -	Seção A-A02'	110
Figura 97 -	Mapa de localização do caminhamento seção A-A03'	111
Figura 98 -	Seção A-A03'	112
Figura 99 -	Mapa de localização do caminhamento A-A05'	113
Figura 100 -	Seção A-A05'	114
Figura 101 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=8	115
Figura 102 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=4	116
Figura 103 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=0	117
Figura 104 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-4	118
Figura 105 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-8	119
Figura 106 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-12	120
Figura 107 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-16	121
Figura 108 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-20	122
Figura 109 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-24	123
Figura 110 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-28	124
Figura 111 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-32	125
Figura 112 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-36	126
Figura 113 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-40	127
Figura 114 -	Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-44	128
Figura 115 -	Disposição das sondagens Vista NE-SW	130
Figura 116 -	Modelo litológico-03 com vista NW-SE	130
Figura 117 -	Modelo litológico-03 com vista NE-SW	131
Figura 118 -	Modelo litológico-03 com vista SW-NE	131
Figura 119 -	Modelo litológico-03 com vista SE-NW	132
Figura 120 -	Vista NW-SE do Modelo N(SPT)	132
Figura 121 -	Vista NE-SW do Modelo N(SPT)	132

Figura 122 -	Vista SW-NE do Modelo N(SPT).....	133
Figura 123 -	Vista SE-NW do Modelo N(SPT).....	133
Figura 124 -	Locação das seções longitudinais do modelo litológico-03 e N(SPT)	134
Figura 125 -	Vista NW-SE da seção longitudinal do modelo litológico-03.....	135
Figura 126 -	Vista NE-SW da seção longitudinal do modelo litológico-03.....	136
Figura 127 -	Vista SW-NE da seção longitudinal do modelo litológico-03.....	137
Figura 128 -	Vista SE-NW da seção longitudinal do modelo litológico-03.....	137
Figura 129 -	Vista NW-SE da seção longitudinal do modelo N(SPT)	138
Figura 130 -	Vista NE-SW da seção longitudinal do modelo N(SPT)	138
Figura 131 -	Vista SW-NE da seção longitudinal do modelo N(SPT)	139
Figura 132 -	Vista SW-NE da seção longitudinal do modelo N(SPT)	139
Figura 133 -	Locação das seções transversais do modelo litológico-03 e N(SPT)	140
Figura 134 -	Vista NW-SE da seção transversal do modelo litológico-03.....	141
Figura 135 -	Vista SE-NW da seção transversal do modelo litológico-03.....	141
Figura 136 -	Vista NW-SE da seção transversal do modelo litológico-03.....	142
Figura 137 -	Vista SW-NE da seção transversal do modelo litológico-03.....	142
Figura 138 -	Vista NE-SW da seção transversal do modelo N(SPT)	143
Figura 139 -	Vista SE-NW da seção transversal do modelo N(SPT)	143
Figura 140 -	Vista NW-SE da seção transversal do modelo N(SPT)	144
Figura 141 -	Vista SW-NE da seção transversal do modelo N(SPT)	144
Figura 142 -	Mapa de localização do caminamento A-A01'	145
Figura 143 -	Seção A-A01' litológico-03	145
Figura 144 -	Seção A-A01' N(SPT)	146
Figura 145 -	Mapa de localização do caminamento A-A02'	147
Figura 146 -	Seção A-A02' litológico-03	148
Figura 147 -	Seção A-A02' N(SPT)	149
Figura 148 -	Mapa de localização do caminamento A-A04'	151
Figura 149 -	Seção A-A04' litológico-03	152
Figura 150 -	Seção A-A04' N(SPT)	153
Figura 151 -	Mapa de localização da seção longitudinal.....	154
Figura 152 -	Seção A-A' litológico-03	155
Figura 153 -	Seção A-A' N(SPT)	156
Figura 154 -	Seção A-A' litológico-02	157
Figura 155 -	Vista NW-SE estratigráfico-01	158

Figura 156 -	Vista NE-SW estratigráfico-01	159
Figura 157 -	Vista SW-NE estratigráfico-01	159
Figura 158 -	Vista SE-NW estratigráfico-01	160
Figura 159 -	Vista NW-SE estratigráfico-01 com sobreposição	161
Figura 160 -	Vista NE-SW estratigráfico-01 com sobreposição	161
Figura 161 -	Vista SW-NE estratigráfico-01 com sobreposição	162
Figura 162 -	Vista SE-NW estratigráfico-01 com sobreposição	162
Figura 163 -	Vista SE-NW estratigráfico-01 com valores de <i>G-Values</i> modificado	163
Figura 164 -	Vista SE-NW estratigráfico-01 com valores de <i>G-Values</i> modificado e com sobreposição de imagem.....	164
Figura 165 -	Vista NW-SE estratigráfico-02	165
Figura 166 -	Vista NE-SW estratigráfico-02	165
Figura 167 -	Vista SW-NE estratigráfico-02	166
Figura 168 -	Vista SE-NW estratigráfico-02	166
Figura 169 -	Vista NE-SW estratigráfico-02 com sobreposição	167
Figura 170 -	Vista NW-SE estratigráfico-02 com sobreposição	168
Figura 171 -	Vista SW-NE estratigráfico-02 com sobreposição	168
Figura 172 -	Vista SE-NW estratigráfico-02 com sobreposição	169
Figura 173 -	Vista SE-NW estratigráfico-01 com valores de <i>G-Values</i> modificado e com sobreposição de imagem.....	169
Figura 174 -	Vista NW-SE estratigráfico-03	170
Figura 175 -	Vista NE-SW estratigráfico-03	170
Figura 176 -	Vista SW-NE estratigráfico-03	171
Figura 177 -	Vista SE-NW estratigráfico-03	171
Figura 178 -	Vista NE-SW estratigráfico-03 com a função <i>Onlap</i>	172

LISTA DE QUADROS

Tabela 1	- Censo Demográfico segundo os municípios das capitais 1872/2010.	39
Tabela 2	- Evolução da população residente de Vitória, GV, RMGV, ES e Brasil.	40
Tabela 3	. – Classificação dos Modelos gerados.....	49
Tabela 4	– Critérios de agrupamento das camadas litológicas (continua)	50
Tabela 5	- Critérios de agrupamento das camadas litológicas (continuação)	51
Tabela 6	– Critérios de agrupamento das camadas estratigráficas.....	52
Tabela 7	- Comparação entre os Métodos de Interpolação	59
Tabela 8	- Vantagens e desvantagens do interpolador inverso ponderado da distância	60
Tabela 9	– Tabela dos estados de compacidade e de consistência.....	129

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	17
3	ÁREA DE ESTUDO	18
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ACESSO	18
3.2	GEOLOGIA.....	20
	3.2.1Geologia Regional.....	20
3.3	GEOMORFOLIGIA.....	27
	3.3.1 Geomorfologia Regional.....	27
	3.3.2Geomorfologia de Vitória	31
	3.3.3Histórico de ocupação da área.....	32
	3.3.4Evolução Demográfica de Vitória	39
4	BASES CONCRETUAIS	41
4.1	MODELO 3D GEOLÓGICO GEOTÉCNICOS DA SUBSUPERFÍCIE	41
4.2	SONDAGENS SPT	43
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	46
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	63
6.1	PROCESSAMENTO DO MODELO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO.....	63
	6.1.1Modelo geológico.....	63
	6.1.2Modelo estratigráfico	158
7	CONCLUSÕES.....	174
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	176
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	177

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Vitória/ES possui um histórico de crescimento planejado por meio de planos urbanísticos, os quais deram origem ao traçado urbano que se mantém pouco alterado desde a sua concepção.

Com o aumento da densidade populacional e interesses do mercado imobiliário houve uma transformação da paisagem urbana, ocorrendo na forma de ocupação e uso do solo. De acordo com esse crescimento da população há uma consequente saturação no litoral, o que ocasionou a busca de novas áreas circundantes. A expansão e a construção de empreendimentos em áreas antes consideradas inapropriadas geotécnica e financeiramente, elas passam a ser economicamente viável, o que resultam impactos socioambientais.

Com a ocupação das áreas inapropriadas, surge a necessidade do aperfeiçoamento de técnicas para investigação do subsolo, de forma a detectar feições que possam resultar em problemas geotécnicos para as construções. Os tradicionais mapas geológicos 2D são menos representativos em âmbitos urbanos e também se torna difícil alcançar um levantamento detalhado. Um auxílio técnico-científico, juntamente com um modelo geológico tridimensional pode fornecer uma representação espacial da variabilidade geológica e constituir uma base para o planejamento do subsolo e para a implementação de vários projetos. As ausências desses estudos podem influenciar de forma significativa na estabilidade do empreendimento tornando-se um risco geológico geotécnico, portanto a investigação geotécnica e geológica se torna fundamental.

A pesquisa refere-se a uma caracterização geológico geotécnica de uma área em Vitória-ES baseada em dados de sondagens SPT (*Standard Penetration Test*).

A estrutura do solo é bem complexa e o estado do Espírito Santo apresenta uma diversidade geológica muito grande, além dos estudos sobre a caracterização litoestratigráfica ser bem pontual. Esses aspectos tornam a pesquisa um desafio no contexto de modelar da forma mais exata a subsuperfície. O maior problema referente à pesquisa é a falta de dados representativos. Os dados obtidos através das empresas Areia Branca Engenharia e a Stan Fundações e Construções Cíveis são bem espaçados. A fim de construir um modelo satisfatório os dados foram interpolados, sendo que este processo de interpolação requer um conhecimento de Geologia, Geomorfologia e da Geotécnica de forma a replicar com sucesso em ambientes geológicos reais.

Apesar da área em estudo já está tomada por construções, os modelos geológico-geotécnicos gerados têm por função auxiliar na compreensão da formação geológica do local através das camadas litoestratigráficas na área além de auxiliar na gestão da construção civil futuramente otimizando o planejamento e desenvolvimento de estruturas do subsolo em áreas da cidade e de assessorar empresas de sondagem e facilitar suas futuras atividades nos estudos geotécnico-geológicos de subsuperfície auxiliando também estudos patológicos da região.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa teve por objetivo principal criar um modelo geológico-geotécnico da região que abrange os bairros Mata da Praia e Jardim da Penha (Vitória – ES) a partir de dados de Sondagens à Percussão (*Standard Penetration Test* SPT), nos últimos dez anos, sendo, por extensão, um meio de caracterizar a litoestratigrafia e geomorfologia da área.

Desta maneira, esta pesquisa forneceu dados que contribuem para uma caracterização geológica da cidade de Vitória, assim como, contribuir para a ampliação do conhecimento sobre a Geologia na região Sudeste do Brasil.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Constituem objetivos específicos desta dissertação:

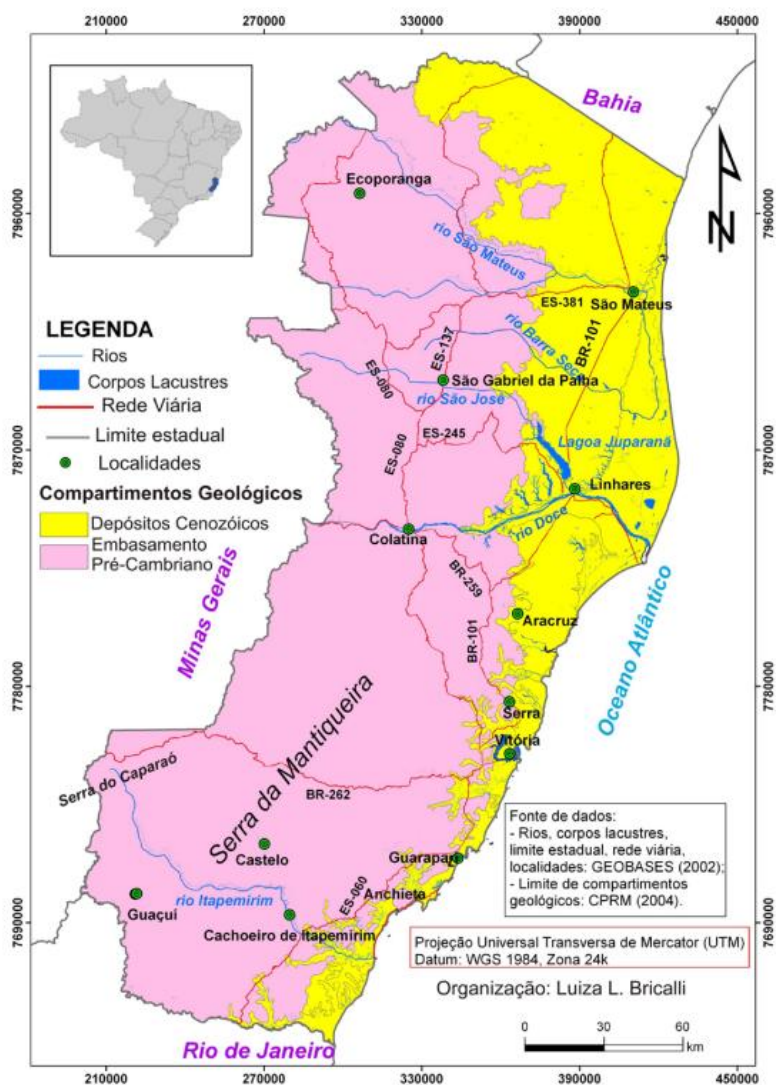
- Caracterizar a litoestratigrafia na área de estudo;
- Elaborar perfis estratigráficos;
- Investigar a relação da geologia com a geomorfologia;
- Correlacionar dados estratigráficos, geológicos e geomorfológicos;
- Elaborar dois modelos geológicos 3D (estratigráfico e litológico);

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ACESSO

O Estado do Espírito Santo limita-se com os estados da Bahia, Minas Gerais, e Rio de Janeiro. O Espírito Santo está situado em posição geográfica privilegiada, Vitória sua capital, está localizada na faixa litorânea, na Latitude Sul 20° 10' 09" e Longitude Oeste 40° 20' e 50" de Greenwich. É composta por 34 ilhas e uma parte continental, com área total de 93,3 km², enfatizando-se que 40% da área do seu território são cobertas por morros. Segundo IBGE (2015), a população de Vitória em 2015 foi estimada em 355.875 (trezentos e cinquenta e cinco mil, oitocentos e setenta e cinco) habitantes.

Figura 1 - Mapa de Localização



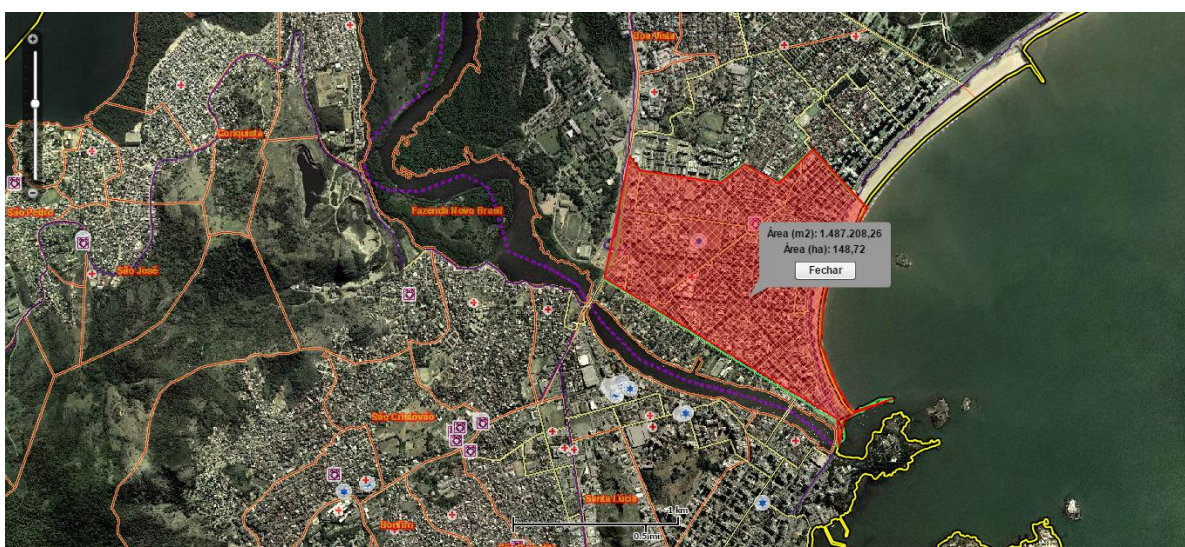
Fonte: Bricalli (2011)

A cidade de Vitória encontra-se na Mesorregião Central Espírito-Santense, e faz parte da Região Metropolitana da Grande Vitória, da qual os municípios da Serra, Vila Velha, Cariacica, Fundão, Viana e Guarapari fazem parte.

A presente pesquisa apresenta como recorte espacial dos bairros Mata da Praia, Jardim da Penha, onde se consegue visualizar diversos afloramentos rochosos, tendo como principal afloramento nessa região o Parque Pedra da Cebola localizado no bairro Mata da Praia. Nesta pesquisa o limite físico dos bairros será: a oeste dos bairros Jardim da Penha e Mata da Praia a Avenida Fernando Ferrari, a leste a Avenida Dante Micheline, a Norte a Avenida Adalberto Simão Nader e a Sul o Canal da Passagem.

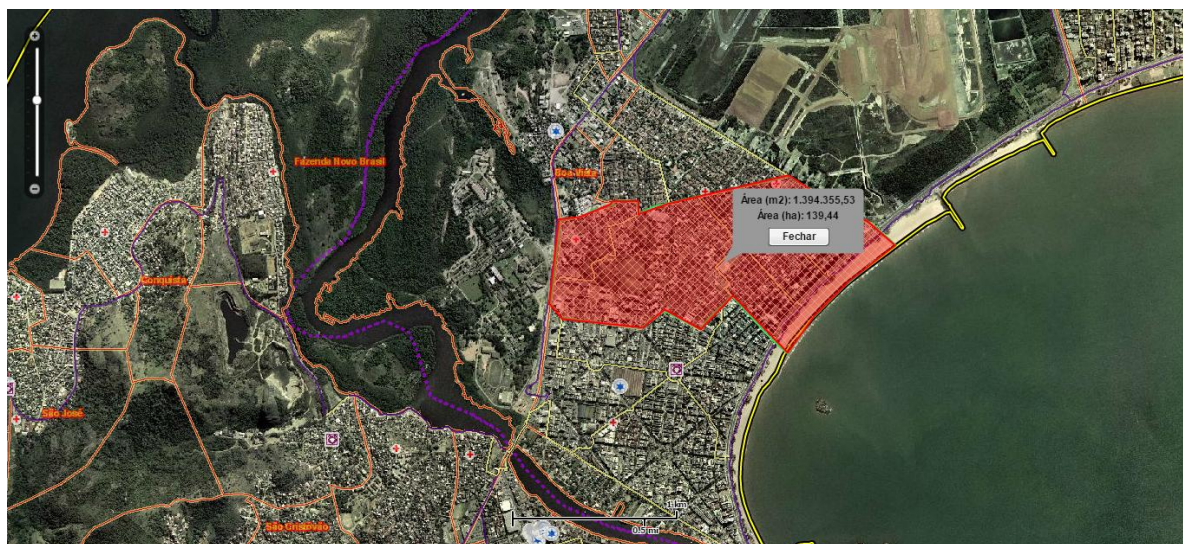
As Figuras 2 e 3 representam a área de estudo.

Figura 2 - Localização do Bairro Jardim da Penha..



Fonte: Navegador GEOBASES, 2016

Figura 3 - Localização do Bairro Mata da Praia.



Fonte: Navegador GEOBASES, 2016

3.2 GEOLOGIA

3.2.1 GEOLOGIA REGIONAL

Segundo Bricalli (2011), geologicamente, o estado do Espírito Santo apresenta 2 (dois) compartimentos principais: i) embasamento pré-cambriano, a oeste, constituído por rochas metamórficas e ígneas plutônicas proterozóicas; e ii) depósitos sedimentares cenozoicos, a leste, representados pela *Formação Barreiras* e pelos depósitos quaternários, na porção emersa da bacia do Espírito Santo.

3.2.1.1 EMBASAMENTO PRÉ-CAMBIANO

De acordo com Silva *et al.* (1987), o embasamento pré-cambriano no estado Espírito Santo consiste de uma complexa associação de rochas ígneas e metamórficas pertencentes à Província Mantiqueira, em sua porção setentrional, correspondendo a terrenos relacionados às faixas móveis Araçuaí (ou Orógeno Araçuaí) e Ribeira (Orógeno Ribeira), desenvolvidas à borda sudeste do Cráton do São Francisco durante o Ciclo Brasiliano (Almeida, 1977; Heilbron *et al.*, 2004).

Figura 4 - Mapa das províncias estruturais presentes na região Sudeste do Brasil, sobre modelo digital de elevação à evolução do paleocontinente Gondwana.

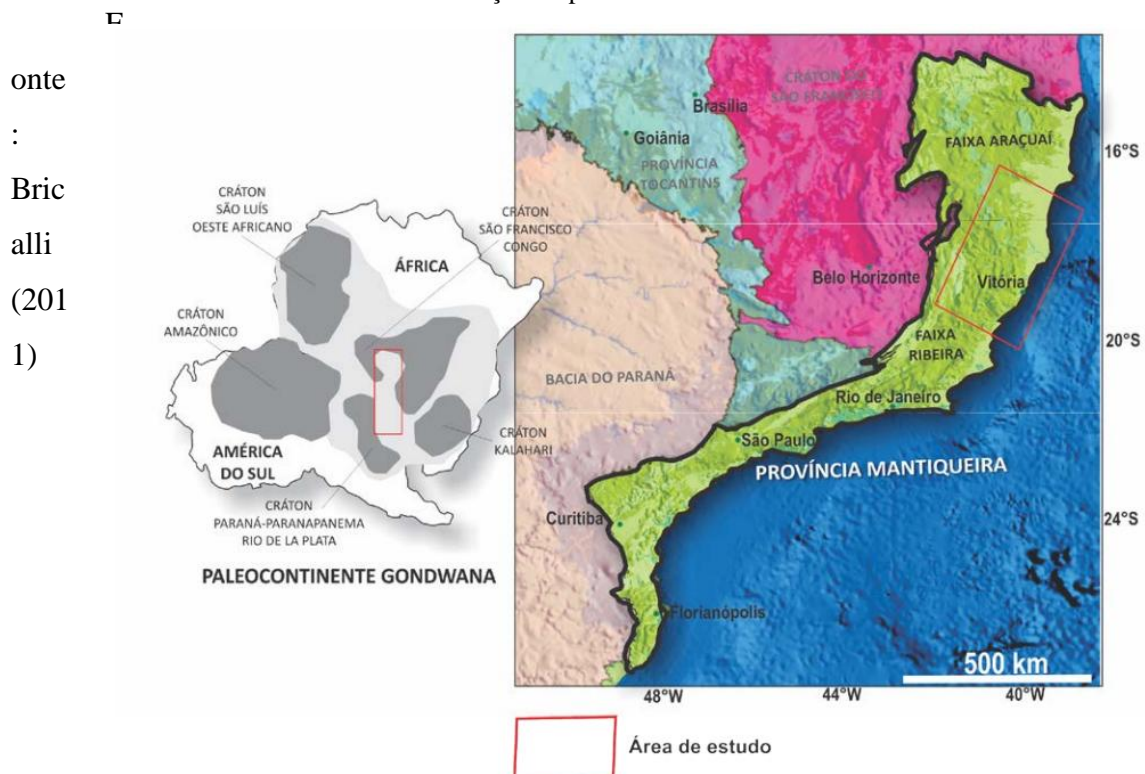


Figura 5 - Mapa tectônico da Faixa Araçuaí e (B) seção estrutural E-W da Faixa Araçuaí

onte:
Bricol
li
(2011
).

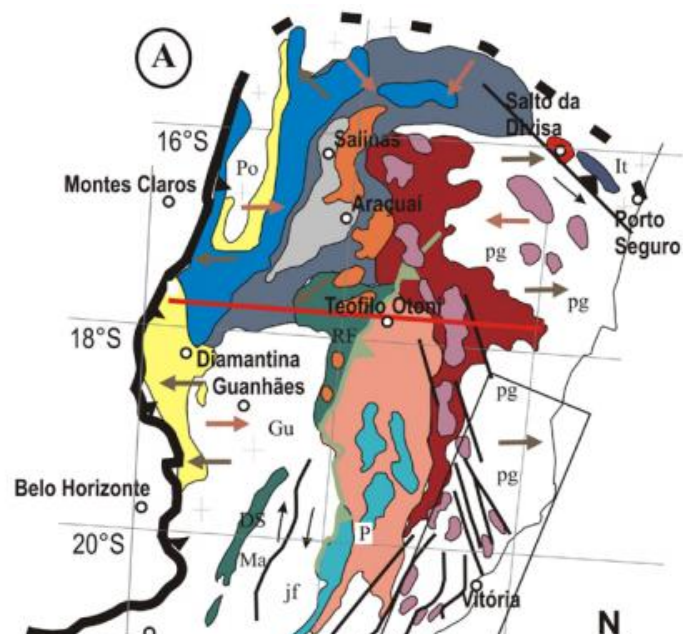
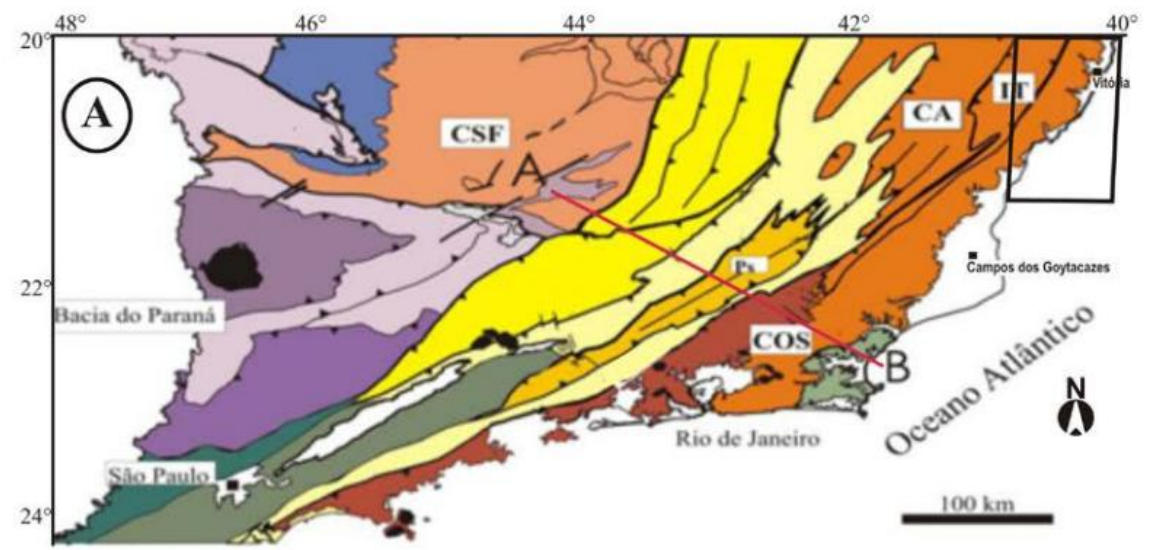


Figura 6 -
A)



CA-Domínio Cambuci; IT-Klippe Itava; COS-Domínio Costeiro
CSF-Cráton do São Francisco; PS-Terreno Paraíba do Sul;

Área de estudo (porção sul)

- Riftes Cenozóicos
- Rochas alcalinas do Cretáceo e Terciário

ORÓGENO BRASÍLIA

- Nappes Inferiores
- Nappes Superiores
- Embasamento do CSF e Domínio autóctone
- Supergrupo São Francisco
- Metassedimentos do Domínio Autóctone

ORÓGENO APIAI/ARANAPIACABA

- Terrenos São Roque e Açungui
- Terreno Embu

OROGENO RIBEIRA

- Domínio Andrelândia
- Domínio Juiz de Fora do Terreno Ocidental
- Klippe Paraíba do Sul
- Terreno Oriental incluindo
- Granitóides do Arco Magmático Rio Negro
- Terreno Cabo Frio

Mapa tectônico do segmento central da Província Mantiqueira abrangendo a Faixa Ribeira e (B) seção estrutural A-B da Faixa Ribeira.

Fonte: Bricalli (2011).

Segundo estudo realizado por Bricalli (2011) o estado do Espírito Santo está inserido no Domínio interno, (divisão dos compartimentos tectônicos do orógeno Araçuaí), que corresponde ao núcleo metamórfico-antético do orógeno, onde ocorre espetacular quantidade de rochas graníticas originadas em estágios diversos da Orogênese Brasileira, incluindo também a zona de sutura com remanescentes oceânicos e o arco magmático cálcio-alcálico.

Essa área é considerada por Pedrosa-Soares (2007) uma escola de geotectônica devido aos seus afloramentos, o que pode-se observar na área de estudo em questão.

Figura 7 - O orógeno Araçuaí na região central do Paleocontinente Gondwana

Fonte: Bricalli (2011).

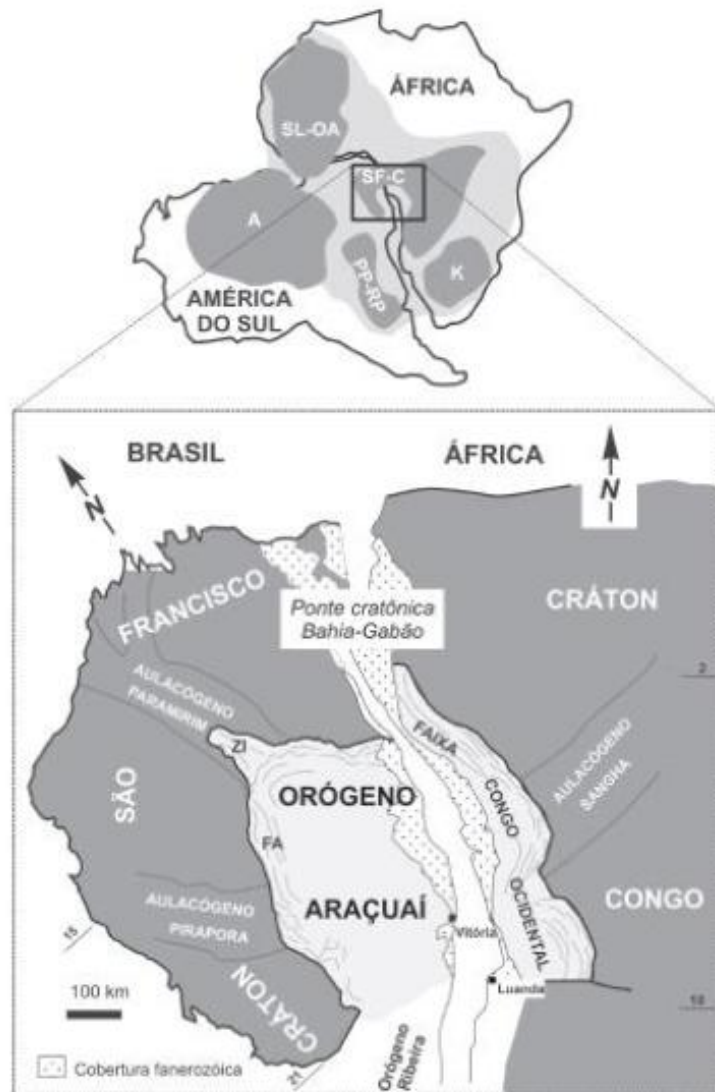
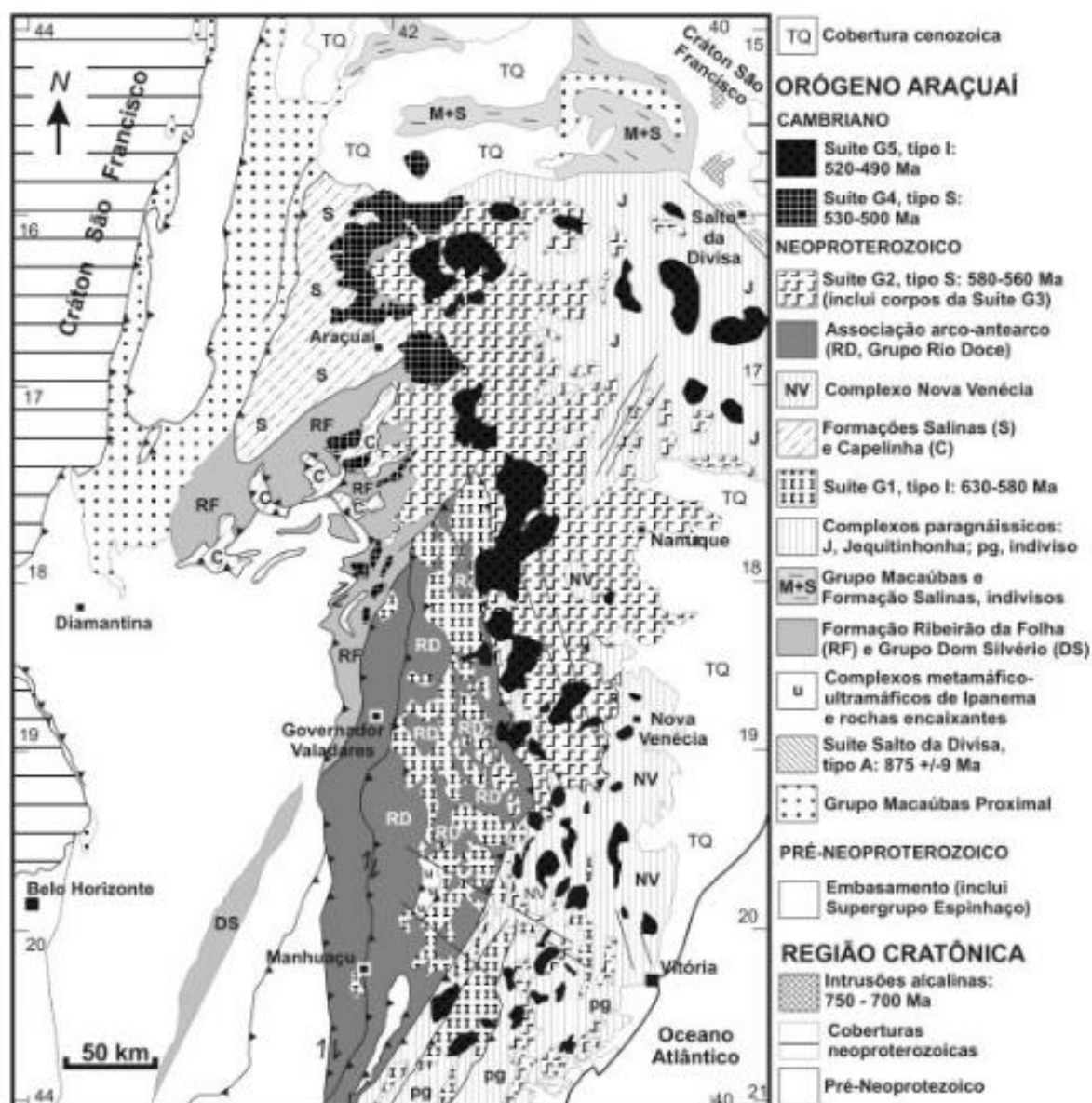


Figura 8 - Mapa geológico do Orógeno Araçuaí.



Fonte: Pedrosa-Soares et al., 2007.

O orógeno Araçuaí passou por vários estágios de formação até a atual configuração (Heilbron et al., 2014) ficando assim segundo Bricalli (2011) dividido em 4 (quatro) estágios:

- Estágio pré colisional (ca. 630 – 580 Ma): É caracterizado por granitos tipo I da Suíte G1, a oeste do estado, limitados por falhas de empurrão ou zonas de cisalhamento dúctil constituídos por tonalitos e granodioritos, com dioritos subordinados e frequentes enclaves máficos, formados em ambiente de arco magmático de margem

continental ativa. Portadores de xenólitos de rochas sedimentares. (PEDROSA-SOARES et al., 2007; BRICALLI, 2011).

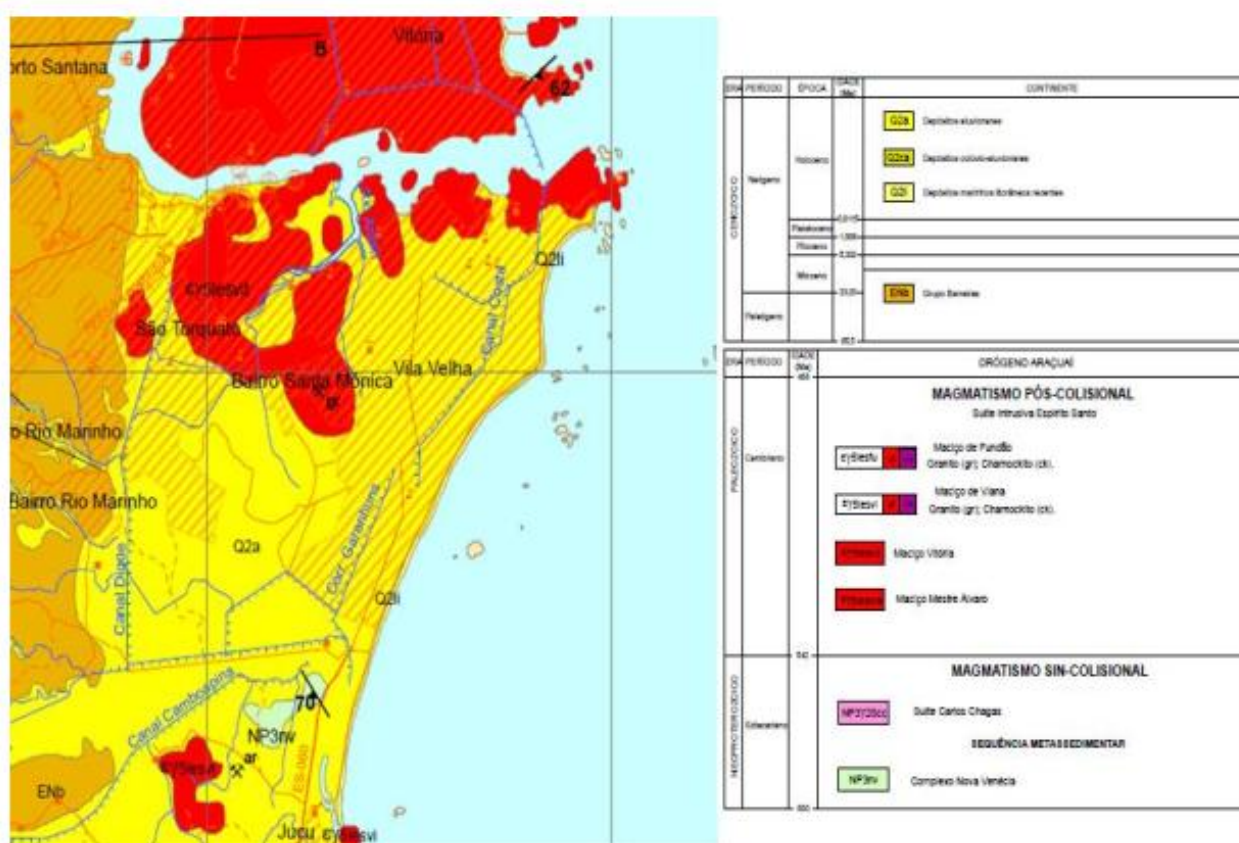
Bricalli (2011) afirma que entre os estágios pré-colisional e sin colisional ocorreu sedimentação, em bacia retro arco, dos protólitos do complexo paragnáissico, que incluiu representantes de sedimentação de margem passiva precursora do orógeno principalmente a sul do paralelo de Vitória onde ocorrem expressivas camadas de mármore.

- Estágio sin colisional (ca. 580-560 Ma): Predomina núcleos no extremo norte e extremo oeste do estado e o domínio dos granitos do tipo S da Suíte G2, são os domínios de maior extensão no embasamento pré-cambriano. Os granitos do tipo S englobados na suíte G2 incluem corpos graníticos tubulares autóctones ou parautóctones e intrusões, deformados em concordância com a foliação regional. As feições relacionadas aos dobramentos e empurrões foram impressas rumo a oeste, contra o Cráton do São Francisco, e também no sentido leste, contra o Cráton Congo. (PEDROSA-SOARES *et al.*, 2007; BRICALLI, 2011).
- Estágio Tardi colisional (565-535 Ma): É representado pelos granitos da suíte G3-S, sendo granada-cordierita leucogranitos a rocha característica, pobres em micas. Alguns plútons graníticos do tipo I, com cálcio-alcálica de alto K, ocorrem no setor nordeste do orógeno. (BRICALLI, 2011).
- Estágio Pós-colisional (520-490 Ma): Núcleos de granito do tipo I da Suíte G5 aparecem ilhados no extremo noroeste e oeste do estado, oferece evidências marcantes do colapso extensional do Orógeno Araçuai (abatimento de blocos, cascatas de dobras e falhas normais). A composição predominante varia de granito a sienogranito, geralmente porfirítico a subporfirítico, com frequentes enclaves empáficos e eventuais xenólitos de rocha encaixante. (BRICALLI, 2011).

3.2.1.2 DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS

Os depósitos quaternários estão representados por sedimentos marinhos continentais (terraços arenosos pleistocênicos, terraços arenosos holocênicos, pântanos e mangues holocênicos, depósitos fluvio-lagunares holocênicos, depósitos aluvionares holocênicos), principalmente retratados na planície sedimentar desenvolvida na desembocadura do rio Doce (Machado Filho et al., 1983; Silva et al., 1987; Martim et al., 1997 *apud* BRICALLI, 2011).

Figura 9 - Carta Geológica do Estado do Espírito Santo (Ampliado).



Fonte: CPRM (2013).

De acordo com a carta geológica presente na figura 9 a estratigrafia da área de estudo é composta por depósitos fluviais argilo-arenosos recentes (legenda no mapa: Q2a), formados na era Cenozoico, período néogeno na fase Hologeno. Estes depósitos são sedimentos fluviais de deltas dominados por processos fluviais e aluvionares constituídos de areia e cascalho. Na área de estudo existem, também, afloramentos rochosos (legenda no mapa: εylesvit) que de acordo com a figura 9 são rochas do granito Vitória, que foram formadas entre o estágio tardi colisional e pós-colisional do orógeno Araçuaí. Portanto, trata-se de granito alcalino de

granulação fina a média por vezes porfirítico, tipo I que compõem a suíte G3. Existe uma pequena faixa de depósitos marinhos litorâneos recentes (legenda no mapa: Q2li). Estes depósitos são depósitos de praia, marinho e/ou lagunar, sedimentos arenosos.

3.3 GEOMORFOLIGIA

3.3.1 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

A morfologia das regiões costeiras é influenciada pela dinâmica global (tectônica das placas, clima, variações paleoclimáticas e mudanças do nível do mar) e pela dinâmica costeira (ondas, correntes litorâneas e transporte de sedimentos, marés e ressacas, ventos). Essa influência é perceptível ao longo da costa brasileira, que possui diferentes condicionamentos geológicos e climáticos, responsáveis por grande diversidade de aspectos geomorfológicos e de uma forma geral apresenta sucessões de planícies costeiras alternando-se com falésias e costões rochosos (SOUZA et al., 2005).

Segundo alguns Catello; Polido, 1988, Souza et.al., 2005, o principal fator que contribuiu para a formação dos solos sedimentares da região costeira do Brasil foram as variações do nível do mar (transgressão e regressão) ocorridos durante o período quaternário.

Segundo Bricalli (2011), o Estado do Espírito Santo apresenta quatro compartimentos geomorfológicos principais: i) Serras e Morros; ii) Colinas e Maciços; iii) Tabuleiros Costeiros; e iv) Planície Costeiras.

As Serras e morros correspondem à unidade geomorgológica Patamares Escalonados do Sul Capixaba, desenvolvida sobre rochas do embasamento pré cambriano, com destaque para a Serra da Mantiqueira e a Serra do Caparaó, no sul do estado. Apresenta morfologia controlada estruturalmente, tais como vales retilíneos e escalonamentos de blocos. As altitudes variam de 300 a 1500m, aproximadamente. (Gatto et al., 1983; Mendes et al., 1987 *apud* Bricalli, 2011).

Segundo Bricalli (2011), o comprimento das Colinas e Maciços Costeiros, no limite entre os domínios do embasamento pré-cambriano e dos sedimentos cenozoicos é marcado pela presença de maciços graníticos e colinas mais baixas, sobre rochas gnáissicas, predominando mais no sul do estado. Altitudes variam de 20 a 300m, aproximadamente.

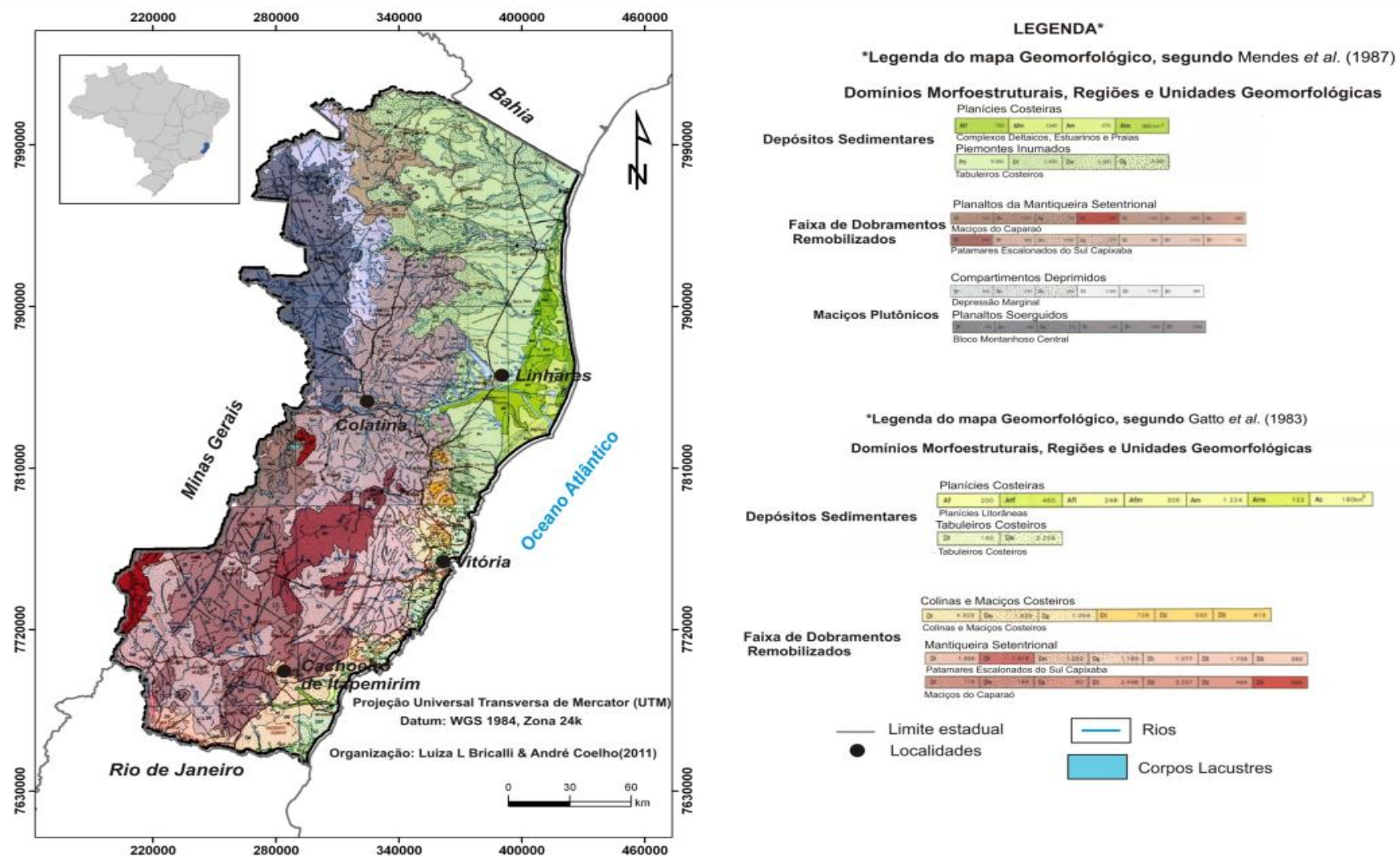
Os Tabuleiros Costeiros desenvolvem-se sobre os sedimentos da Formação Barreira, correspondendo a colinas altas e baixas com topos alongados e tabulares, com altitudes variadas, de 30 a 200m (Gatto et al., 1983; Mendes et al., 1987 *apud* Bricalli, 2011). As

vertentes são geralmente abruptas e, no litoral, terminam sob a forma de extensos tabuleiros ou falésias de vários metros de altura. Este compartimento apresenta vales bem encaixados e a drenagem geralmente apresenta-se dendrítica/subdendrítica e paralela/subparalela. (Bricalli, 2011).

Segundo Bricalli (2011) a planície Costeira relaciona-se aos depósitos sedimentares quaternários, com morfologia plana e extensa principalmente no norte do estado.

Segundo Ab'Saber (1998 apud Bricalli, 2011), o estado do Espírito Santo insere-se no Compartimento Megageomorfológico Paleo-Abóboda do Escudo Brasileiro Transformada em Montanhas de Blocos Falhados, onde ocorrem os terrenos cristalinos de maior e mais persistente deformação em abóbada do Escudo Brasileiro. Trata-se de um megadomínio cristalino, com presença de rochas de idades muito antigas, em sua maior parte, sujeito a diferentes fases de reativação, com complicações devido às interferências da tectônica rúptil.

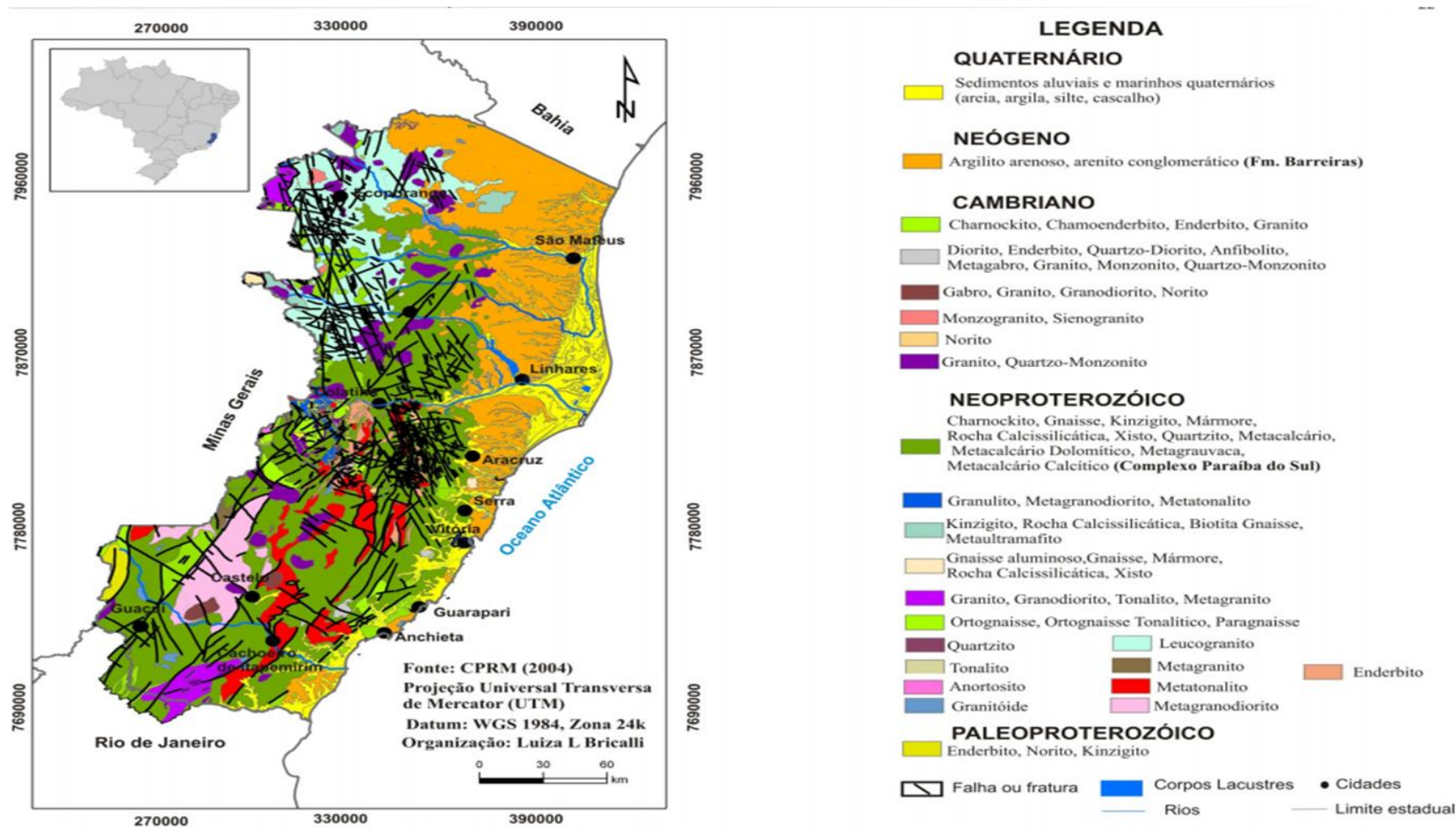
Figura 10 - Mapa geomorfológico do estado do Espírito Santo, com destaque para as unidades geomorfológicas.



Fonte: Bricalli, 2011

Figura 11 - Mapa Geológico, com destaque para as unidades geológicas, Distribuição dos depósitos terciários da Formação de Barreiras ao longo do litoral.

Fonte:
Bricalli,
2011



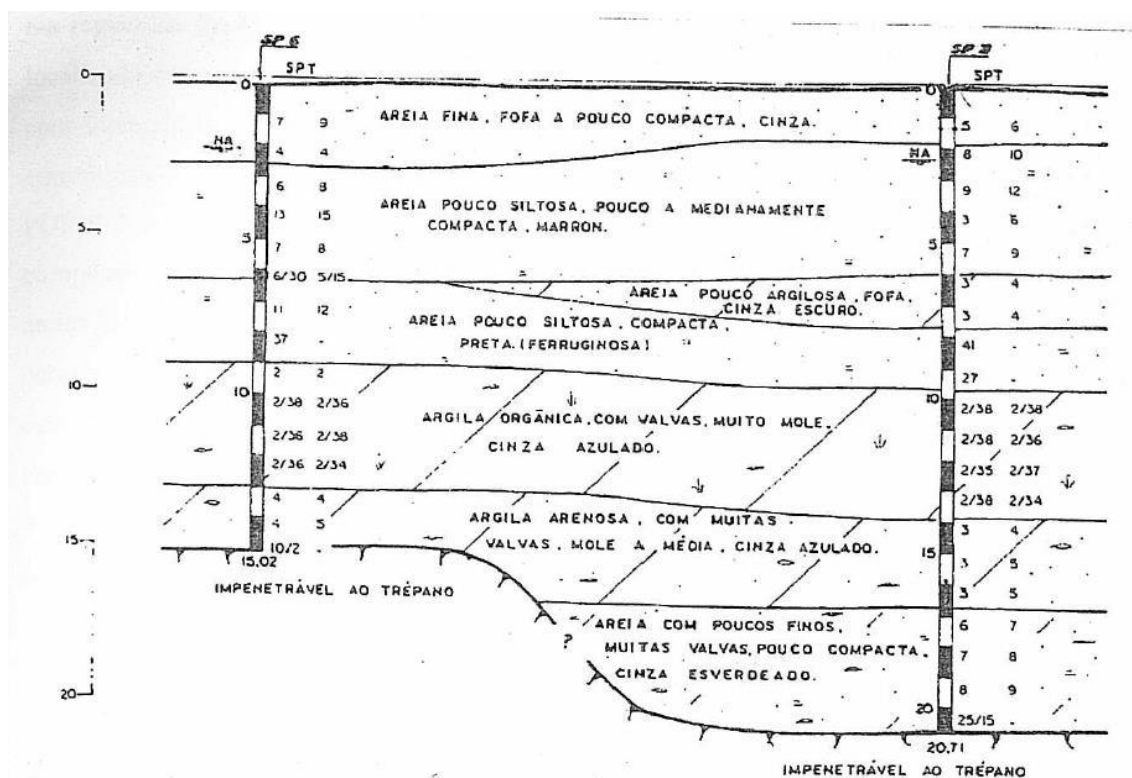
3.3.2 GEOMORFOLOGIA DE VITÓRIA

Embora Vitória ocupe uma região construída, predominantemente, de solos sedimentares de origem marinha, os afloramentos de rochas graníticas ou gnaissícas e morros são frequentemente tomados à topografia da Grande Vitória bastante acidentada (Castello e Polido, 1986).

Segundo Castello e Polido (1986, 1988) a região de Vitória é dividida em “domínios” geotécnicos, cujas características principais são apresentadas através de perfis geotécnicos típicos de diversos bairros, baseados em investigações com ensaios de campo (SPT e CPT) e ensaios de laboratório. Destaca-se na geologia local o fato de que os sedimentos marinhos de baixada comumente constituem sopé de morros, com ocorrência de camadas de solos sedimentares, assim como matacões e blocos de rochas e também transições abruptas de argila mole para rocha sã que apresentam mergulhos com grandes declividades ($>45^\circ$).

Segundo estudo realizado por Castello e Polido em 1986, demonstrado pela figura 12 um perfil geotécnico típico da cidade de Vitória.

Figura 12 - Perfil geotécnico típico de Vitória/ES.



Fonte: Castello e Polido (1986).

Castello e Polido (1986, 1988) descrevem que o bairro de Jardim da Penha possui característica marcante do solo, nessa região existe uma espessa camada (com 10m ou mais) de areia concessionada cujo material cimentante é ou óxido de ferro ou calcário.

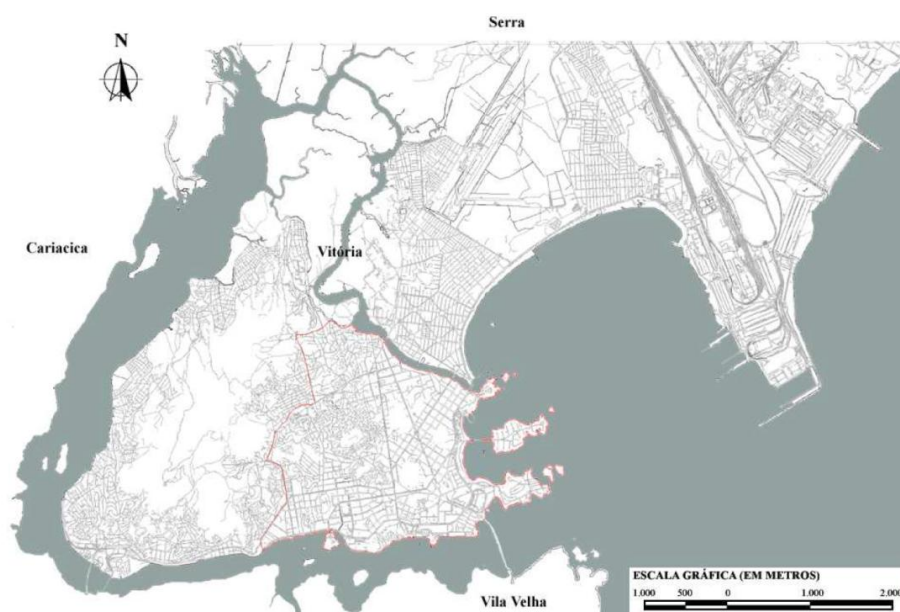
A região da Grande Vitória/ES possui uma geologia acidentada e escarpada com afloramentos de rochas graníticas onde Castello e Polido em 1986 e 1988 afirmam que a geologia do local é complexa devido às rochas e os morros, que funcionam como escudo impedindo a ação homogênea de agentes marinhos e ou agentes aluviais permitindo o desenvolvimento, quase lado a lado, de perfis de solo sob as mais variadas condições.

3.3.3 HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA

Vitória foi marcada por uma ocupação urbana quase que insignificante no período de 1551 a 1900. O traçado inicial se deu a partir da implementação das primeiras igrejas e possui aspectos morfológicos semelhantes às cidades medievais europeias. Com o desenvolvimento populacional na segunda metade do século XIX, o então governador Muniz Freire, em 1896, promoveu um plano de expansão da cidade de Vitória, de autoria do engenheiro Saturnino de Brito, denominado Plano Novo Arrabalde.

3.3.3.1 CONCEPÇÃO DO PROJETO NOVO ARRABALDE

Figura 13 - Mapa do município de vitória na sua conformação atual, com delimitação da região do novo arrabalde e entorno.



Fonte: Prefeitura Municipal de Vitória (2016).

A proposta concebida por Saturnino de Brito para a cidade de Vitória em 1895-1896, rompe com o padrão de ocupação até então adotado no processo de ocupação da Ilha (Casagrande, 2011)

De acordo com o projeto lançado por Brito, a escolha da área é de responsabilidade do governo, mesmo ciente de obstáculos como a conquista de área do mar, por aterro. Segundo Casagrande (2011), a predefinição do local justifica sua expansão na qual, com base numa avaliação das características geológicas da região, apresenta uma solução estratégica baseada no aproveitamento da movimentação das marés através da alteração do seu volume, no sentido de contribuir para o levantamento do fundo dos manguezais, por deposição. Significa, entretanto, lidar com forças naturais, demandando soluções técnicas para equilibrar o sistema.

Casagrande (2011), com estudos realizados ao projeto de Brito afirma que a área para expansão pressupõe três núcleos urbanos: o Novo Arrabalde, a Vila Monjardim, e a Vila Hortícola. Brito denomina as duas grandes avenidas como Avenida da Penha e Avenida Norte Sul, que convergem na porção norte da trama. Na porção sul outra avenida, menor, porém de mesma largura chamada por Brito de Avenida Ordem e Progresso. Na região central Brito integra outra avenida à trama ortogonal seccionada pelas grandes avenidas comentadas, a avenida central, que compõe a quarta via de maior significado do projeto.

Figura 14 - Projeto Novo Arrabalde, com setorização dos três núcleos propostos: Novo Arrabalde propriamente dito, Vila Hortícola e Vila Operária.



Fonte: Acervo: biblioteca central – UFES.

3.3.3.2 EVOLUÇÃO DOS ATERROS DA BAÍA DE VITÓRIA

As quatro primeiras décadas do século XX se caracterizam pela realização de numerosas obras que possibilitaram a expansão da Vila em direção a Santo Antônio e ao norte, fazendo surgir os bairros de Jucutuquara, Praia do Suá, e Praia do Canto. Esse período compreende a primeira década da República até o governo do Interventor Federal Punaro Bley.

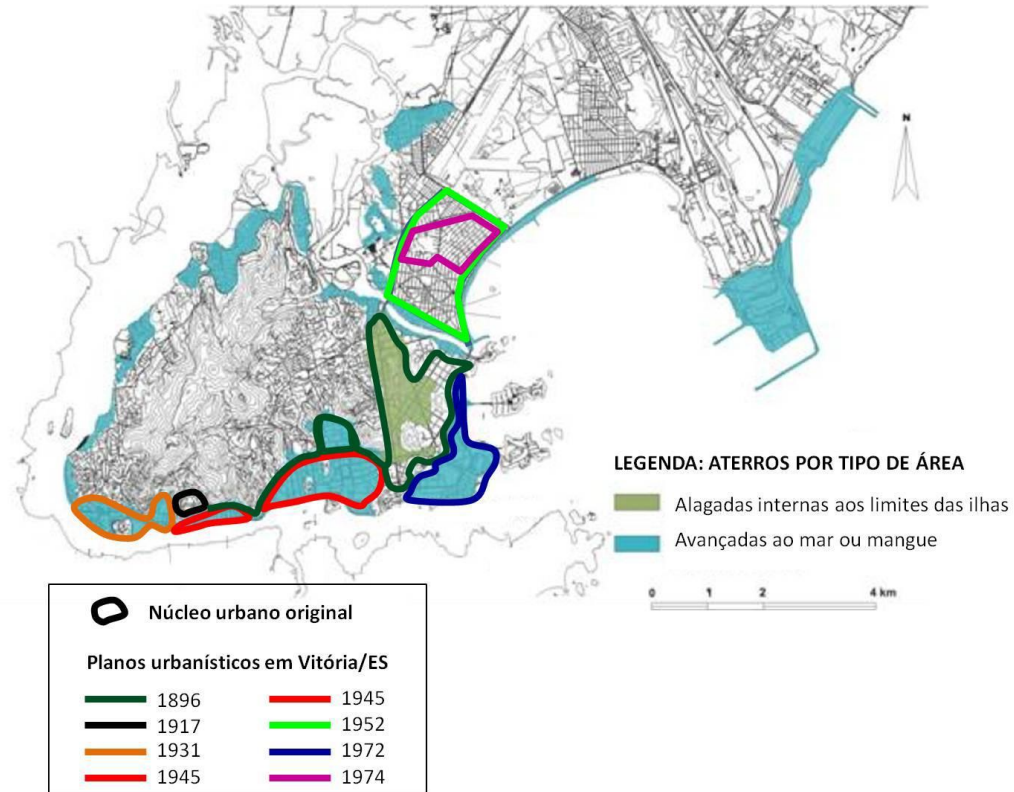
Segundo Conde e Pina (2014), algumas obras foram fundamentais na formação do tecido urbano no período de 1900 a 1940, sendo eles:

- Aterro do mangue no Campinho – atual região do Parque Moscoso – concluído em 1912;
- Obras de aparelhamento do Porto de Vitória, que possibilitaram a exportação de café, considerado já naquele momento como o principal produto da economia capixaba;
- Renovação do núcleo antigo da cidade, com a retificação e ampliação de vias, dos serviços de água, drenagem e de limpeza pública;
- Aterros na região do bairro São João, Ilha de Santa Maria e Jucutuquara, nos anos 20;
- Implementação do “Novo Arrabalde”, ampliando em cinco vezes a área da cidade;
- Melhoria na cidade de Jucutuquara e Goiabeiras;
- Instalação do bonde elétrico, com a aplicação da linha ligando Santo Antônio até a Praia do Suá e a implantação da linha circular unindo a cidade alta à cidade baixa;
- Construção da Ponte Florentino Avidos, possibilitando a ligação de Vitória a Ilha do Príncipe e ao Continente.

Com essas obras, principalmente os aterros, foram eliminadas praias e enseadas e foram ligadas ilhas e afloramentos rochosos, modificando os limites da cidade com o mar. (Conde e Pina, 2014).

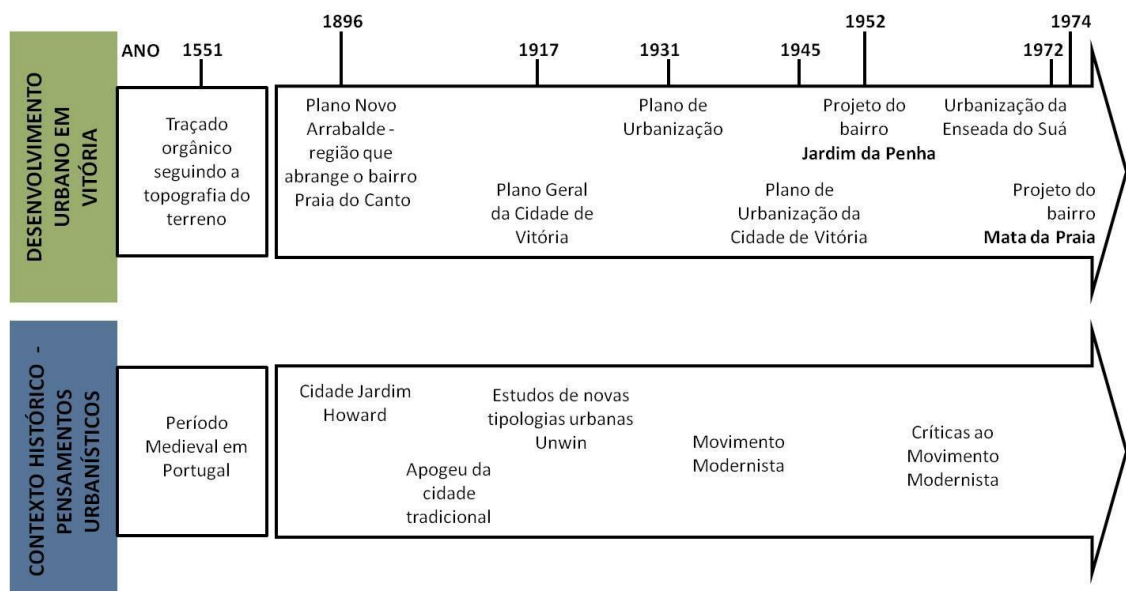
Com a realização gradativa ao longo da primeira metade do século XX em Vitória, o Plano Novo Arrabalde se tornou uma referência urbana e para elaboração de novos planos. Os planos Urbanísticos são ilustrados na figura 15.

Figura 15 - Plano urbanístico relevantes da cidade de Vitória/ES



Fonte: Prefeitura Municipal de Vitória (2016).

Figura 16 - Linha do tempo de planos urbanísticos da cidade de Vitória/ES e pensamentos urbanísticos nas respectivas épocas.



Fonte: Prefeitura Municipal de Vitória (2016).

É notável uma brusca alteração que a ocupação urbana provocou no espaço físico e na configuração do contorno da cidade, principalmente, na região da ilha, com a ocupação das áreas de mar e de mangue. Na década de 40 e 50 a ocupação urbana avança sobre o mar, com aterros que vão da Avenida Capixaba (Esplanada) até Bento Ferreira. Daí cresce até o canal da Passagem (PMV, 2016).

A cidade começa a se expandir e parte continental foi ocupada nos anos 60, nesse período identifica-se a ocupação das encostas do Maciço Central, surgindo assim os bairros de Barro Vermelho e Santa Lúcia (PMV, 2016).

Na Região de Camburi foram instalados a Universidade Federal do Espírito Santo, Aeroporto e o complexo Portuário de Tubarão. Nessa época dos anos 60 registra-se também o surgimento do bairro de Fátima, do núcleo inicial de Jardim Camburi, o bairro de Goiabeiras e o bairro de Jardim da Penha, apresentando grande parte do seu traçado, porém ainda sem ocupação residencial (PMV, 2016).

Entre 1970 e 1980, foram concluídos os aterros que ocasionaram o desaparecimento das praias Comprida, Santa Helena, Praia do Canto e Praia do Suá e a incorporação das ilhas do Boi e do Frade ao tecido urbano da cidade. Verifica-se ainda a conclusão do aterro da Ilha do Príncipe com a instalação da nova rodoviária e a construção da segunda ligação da ilha ao continente (PMV, 2016).

Em 1976 foi implantada a siderúrgica de Tubarão ao lado das instalações portuárias da então companhia Vale do Rio Doce (CVRD), hoje Vale.

Ainda na Região de Camburi, houve a ampliação da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), com a construção de novos pavilhões, a abertura do loteamento Mata da Praia e a ocupação de áreas no limite sul do Aeroporto, ao longo da Avenida Adalberto Simão Nader (PMV, 2016).

Na Região de Camburi, surgiu o bairro Maria Ortiz e ampliam-se os bairros de Jardim da Penha e Jardim Camburi. Verifica-se, ainda, na Região de Camburi, a implantação do porto de Praia Mole (PMV, 2016).

É importante, nesse momento, observar a sucessão de aterros efetuados ao longo do tempo na ponta de Tubarão. A esse respeito, vale registrar a construção dos píeres na praia de Camburi, justamente para atenuar os problemas de erosão causados por mudanças no regime das correntes, provavelmente como consequência dos aterros de Tubarão (PMV, 2016).

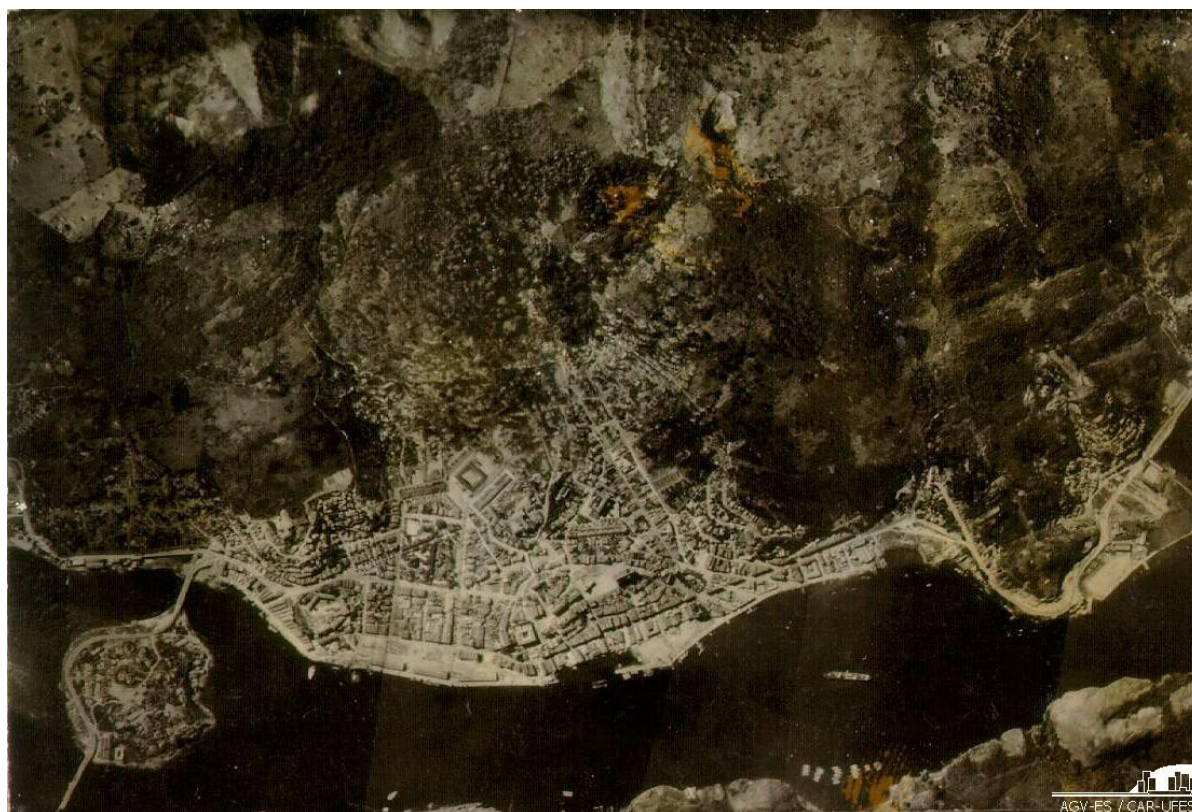
A mancha urbana atinge todos os limites do município. À exceção do Maciço Central, dos topos rochosos dos morros, dos mangues do Lameirão e estuário do rio Santa Maria e da

área do Aeroporto, a mancha urbana estende-se em todas as direções. Se não fossem os limites do município com a baía e o oceano, ela ligar-se-ia efetivamente, formando um todo, com as manchas de Vila Velha, Cariacica e Serra - municípios limítrofes (PMV, 2016).

Durante a primeira década do século XXI (2000-2010), prossegue o adensamento no interior da malha urbana, por meio da ocupação dos lotes vazios e da substituição de edificações baixas por outras verticalizadas, sobretudo nos bairros da região nordeste (PMV, 2016).

Na Figura 17, pode-se observar a área de estudo praticamente inabitada.

Figura 17 - Levantamento aerofotogramétrico trecho da baía de Vitória, situado entre a Ilha do Príncipe e o Forte São João em 1940. Fonte: Prefeitura Municipal de Vitória.



Fonte: Prefeitura Municipal de Vitória (2016).

Figura 18 - Levantamento aerofotogramétrico trecho da baía de vitória, situado entre a Ilha do Príncipe e o Forte São João em 1998.



Fonte: Prefeitura Municipal de Vitória. (2016).

Segundo Casagrande (2011), com base nos estudos de TARR (2000), onde ele cita o fato de as cidades terem sido fundadas em locais onde a natureza oferece atrativos, como a áreas litorâneas, nas quais o contorno do terreno criam portos naturais, assim como nos rios e lagos, considerando seu uso para o transporte, abastecimento de água e eliminação dos resíduos. No intuito de expandir o território utilizável, os urbanistas muitas vezes vão transformar as paisagens naturais, a exemplo do arrasamento de morros e do aterro de vales e áreas alagáveis, criando-se assim grandes porções de terrenos valorizados e adequados à ocupação urbana.

Embora as observações deste autor se refiram ao processo de ocupação Urbana dos Estados Unidos da América, a relação entre as intervenções associadas a este processo e as

alterações no meio natural, em princípio, aplica-se para o caso de Vitória, cujo núcleo inicial, localizado numa colina às margens da baía interna, protegida, em grande medida reflete os benefícios da geografia (Casagrande, 2011).

3.3.4 EVOLUÇÃO DEMOGRÁFICA DE VITÓRIA

Segundo dados obtidos pelo IBGE de 1950 para 1960, a população passou de 50.922 para 83.351, um crescimento de 63,7%. De 1960 para 1970 a população aumentou em 60% e de 1970 para 1980, em 56%. A partir daí observou-se uma desaceleração do crescimento e, atualmente, uma estabilização: de 1991 para 2015 houve um acréscimo populacional de apenas 13,78%. Segundo IBGE a população estimada para 2015 é de 355.875 (trezentos e cinquenta e cinco mil oitocentos e setenta e cinco) habitantes. Sendo a projeção de 2015 a se confirmar pelo IBGE.

A Tabela 1 demonstra o censo demográfico segundo municípios das capitais.

Tabela 1- Censo Demográfico segundo os municípios das capitais 1872/2010.

Região	Capital	1872	1890	1900	1920	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
N	Palmas	...	...	...	...	...	...	...	...	3.288	24.261	137.045	228.332
N	Boa Vista	...	...	...	...	...	17.247	26.168	37.062	69.627	142.902	200.383	284.313
SE	Vitória	16.157	16.887	11.850	21.866	45.212	50.922	85.242	136.391	215.073	258.243	291.941	327.801
N	Rio Branco	...	...	...	19.930	16.038	28.246	47.882	84.845	119.815	196.871	252.885	336.038
N	Macapá	...	...	...	...	...	20.594	46.905	87.755	140.624	179.252	282.745	398.204
S	Florianópolis	25.709	30.687	32.229	41.338	46.771	67.630	98.520	143.414	196.055	254.941	341.781	421.240
N	Porto Velho	...	...	...	...	...	27.244	51.049	88.856	138.289	286.471	334.585	428.527
CO	Cuiabá	35.987	17.815	34.393	33.678	54.394	56.204	57.860	103.427	219.477	401.303	483.044	551.098
NE	Aracaju	9.559	16.336	21.132	37.440	59.031	78.364	115.713	186.838	299.422	401.676	461.083	571.149
NE	João Pessoa	24.714	18.645	28.793	52.990	94.333	119.326	155.117	228.418	338.629	497.306	595.429	723.515
CO	Campo Grande	...	...	...	...	49.629	57.033	74.249	143.271	298.878	525.463	662.534	786.797
NE	Natal	20.392	13.725	16.056	30.696	54.836	103.215	162.537	270.127	428.721	606.681	709.536	803.739
NE	Teresina	21.692	31.523	45.316	57.500	67.641	90.723	144.799	230.168	388.922	598.411	714.583	814.230
NE	Maceió	27.703	31.498	36.427	74.166	90.253	120.980	170.134	269.415	409.191	628.241	796.842	932.748
NE	São Luís	31.604	29.308	36.798	52.929	85.583	119.785	159.628	270.651	460.320	695.199	868.047	1.014.837
CO	Goiânia	...	...	...	...	48.166	53.389	153.505	389.784	738.117	920.840	1.090.737	1.302.001
N	Belém	61.997	50.064	96.560	236.402	206.331	254.949	402.170	642.514	949.545	1.244.688	1.279.861	1.393.399
S	Porto Alegre	43.998	52.421	73.674	179.263	272.232	394.151	641.173	903.175	1.158.709	1.263.239	1.360.033	1.409.351
NE	Recife	116.671	111.556	113.106	238.843	348.424	524.682	797.234	1.084.459	1.240.937	1.296.995	1.421.993	1.537.704
S	Curitiba	12.651	24.553	49.755	78.986	140.656	180.575	361.309	624.362	1.052.147	1.313.094	1.586.848	1.751.907
N	Manaus	29.334	38.720	50.300	75.704	106.399	139.620	175.343	314.197	642.492	1.010.544	1.403.796	1.802.014
SE	Belo Horizonte	...	...	13.472	55.563	211.377	352.724	693.328	1.255.415	1.822.221	2.017.127	2.232.747	2.375.151
NE	Fortaleza	42.458	40.902	48.369	78.536	180.185	270.169	514.818	872.702	1.338.793	1.765.794	2.138.234	2.452.185
CO	Brasília	...	...	...	...	...	...	141.742	546.015	1.203.333	1.598.415	2.043.169	2.570.160
NE	Salvador	129.109	174.412	205.813	283.422	290.443	417.235	655.735	1.027.142	1.531.242	2.072.058	2.440.828	2.675.656
SE	Rio de Janeiro	274.972	522.651	811.443	1.157.873	1.764.141	2.377.451	3.307.163	4.315.746	5.183.992	5.473.909	5.851.914	6.320.446
SE	São Paulo	31.385	64.934	239.820	579.033	1.326.261	2.198.096	3.825.351	5.978.977	8.587.665	9.626.894	10.405.867	11.253.503

Fonte: IBGE (2016).

Segundo Felipe e Rocha (2008), Vitória se transformou no centro da “Região Metropolitana da Grande Vitória” no decorrer dos anos, além de integrar um amplo complexo portuário, um dos mais eficientes do país. A cidade é sem dúvida, o maior centro do Estado.

Na tabela 2 pode-se visualizar a evolução demográfica de Vitória.

Tabela 2- Evolução da população residente de Vitória, GV, RMGV, ES e Brasil.

Ano	Vitória ¹	GV ²	RMGV ²	ES ¹	Brasil ¹
1920	21.866	----	----	457.328	30.635.605
1940	45.212	91.570	111.456	750.107	41.165.289
1950	50.922	110.931	131.337	861.562	51.944.397
1960	83.351	194.311	221.104	1.170.858	70.070.457
1970	133.019	385.998	418.273	1.599.333	93.139.037
1980	207.736	706.244	753.959	2.023.340	119.002.706
1991	258.777	1.064.919	1.136.842	2.600.618	146.825.475
1996	265.874	1.182.354	1.267.423	2.802.707	157.070.163
2000	292.304	1.337.187	1.438.596	3.097.232	169.799.170
2010	327.801	1.565.393	1.687.704	3.514.952	190.755.799
2015 ³	355.875	----	----	3.929.911	190.755.799

• (1) Fonte IBGE - vários censos demográficos. População residente: censos de 1960, 1970, 1980, 1991, 2000, 2015 e contagem 1996 e 2007. População presente: censos de 1920, 1940, 1950.

• (2) Fonte Ipea. (3) Estimativa do IBGE em 2015

• GV - Grande Vitória: Vitória, Vila Velha, Serra, Cariacica, Viana.

• RMGV – Região Metropolitana da GV: Vitória, Vila Velha, Serra, Cariacica, Viana, Guarapari, Fundão. Elaboração Equipe Agenda Vitória: Dinâmica Populacional.

Fonte: IBGE e IPEA (2016).

Com a expansão da área e os altos investimentos ligados ao ramo da construção, voltados à habitação e comércio, há consequentemente um aumento na demanda de investigações do subsolo da região, devido ao fato de a região ter surgido através de aterros, e a presença de solos moles devido à região aterrada ser alagada e mangues. Há uma vasta ocupação nesses bairros, pela sua boa localização, serem bairros nobres onde habitam grande parte da população de classe médio-alta de Vitória.

Deste modo, uma das formas de realizar a modelagem seria com a utilização do software *RockWorks®* para auxiliar inicialmente no mapeamento das condições geológicas, topográficas e geomorfológicas, permitindo fazer uma análise indireta através de interpolações dos dados da estrutura gerada.

A modelagem geológica se torna uma ferramenta de grande relevância, permitindo o conhecimento sobre as áreas que mais se desenvolvem e possuem um maior crescimento populacional, reduzindo custos durante e após as construções.

4 BASES CONCEITUAIS

4.1 MODELO 3D GEOLÓGICO GEOTÉCNICOS DA SUBSUPERFÍCIE

Turner (2006) define a modelagem geológica sendo uma informação de furos de sondagens, que definem os dados básicos fundamentais, produzidos por observações diretas e amostragens da subsuperfície. Tais informações são necessárias para o sucesso da execução de grandes projetos sendo eles estrutura de contenção, estruturas de fundação, entre outros projetos correlacionados à geotecnia. Porém os órgãos compatíveis ignoram a necessidade do estudo que viabiliza a construção dos empreendimentos, o que pode comprometer sua estrutura tanto no âmbito patológico quanto financeiro. Desta forma a investigação geotécnica se torna fundamental.

Os dados de entrada para a elaboração do Modelo Geológico foram obtidos em boletins de sondagens de diversos projetos situados nas respectivas regiões de estudo. A partir dos dados retirados dos boletins de sondagens (coordenadas, cotas, profundidades, níveis d'água e descrições litológicas) foram criados modelos em três dimensões e seções destes modelos, com o intuito de se obter uma visualização espacial da geologia local.

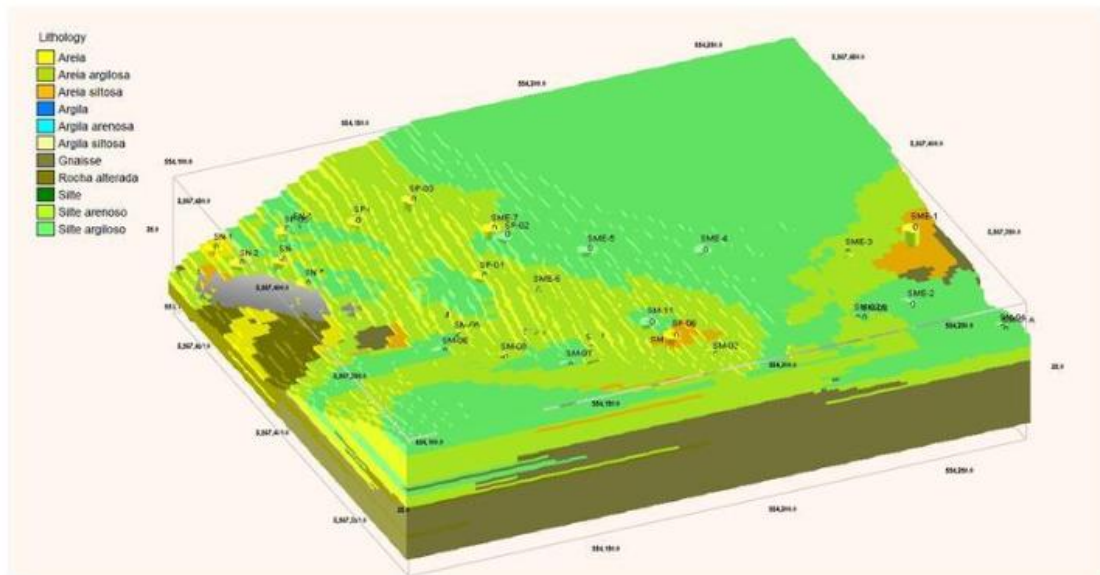
Para a utilização dos dados litológicos foi necessária à realização de uma categorização e adequação das descrições obtidas nas sondagens. Segundo Almeida (2011) este procedimento é necessário para enquadrar descrições litológicas semelhantes em uma única descrição padrão, uma vez que foram encontradas diversas descrições para o mesmo tipo de solo, pois estas foram executadas por empresas diferentes e, consequentemente, técnicos diferentes.

Após a classificação, cada categoria foi dividida em novas categorias para que assim houvesse o estabelecimento dos tipos de camadas padrões, tanto litológicas como estratigráficas. Sendo assim possível realizar a avaliação das sondagens individuais de cada projeto quanto a Litologia e Estratigrafia, e uma consequente padronização das camadas de forma a tornar possível a utilização do programa computacional para o processamento geoestatístico destes dados, criando desta forma os Modelos Geológicos em três dimensões.

Portanto neste trabalho foram gerados três modelos geológicos, um para a Litologia, Estratigrafia e SPT. Um exemplo é a modelagem de um túnel de 200 m de extensão escavado na cidade de Salvador capital da Bahia (Jesus et al., 2015) a partir dos dados de perfilagem

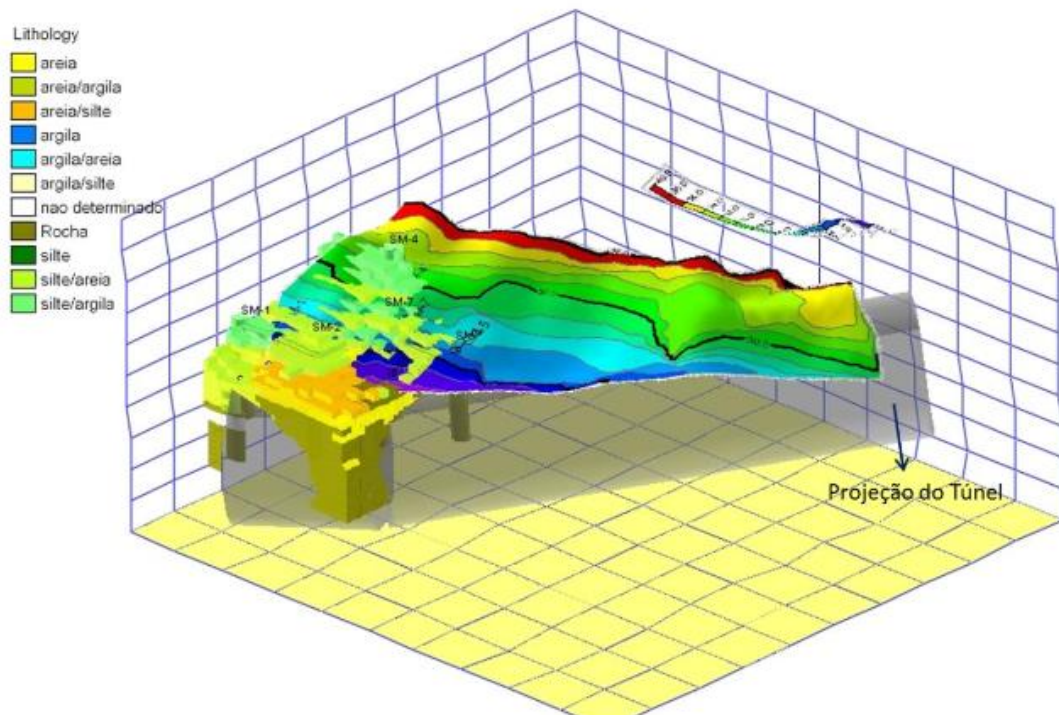
das sondagens mistas (SPT e rotativa) e da base cartográfica (topografia), aplicando-se ferramentas de geoestatística no software *Rockworks®* pode-se gerar o seguinte modelo.

Figura 19 - Modelo tridimensional geológico geotécnico.



Fonte: Jesus (2012).

Figura 20 - Modelo Digital do Terreno (MDT) e sondagens sobre a projeção do túnel.



Fonte: Jesus (2012).

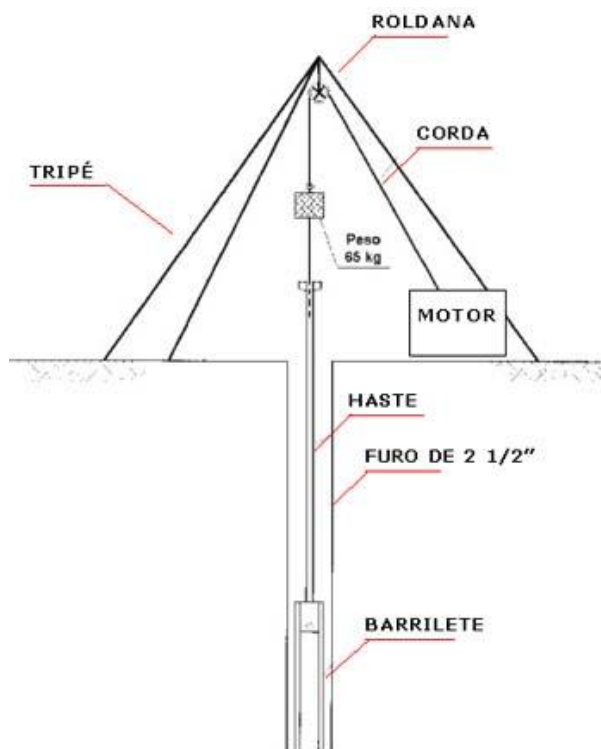
4.2 SONDAGENS SPT

Normatizada pela NBR 6484, e conhecida também por “Sondagem SPT”, cuja sigla é abreviatura do nome internacional “Standard Penetration Test”, a sondagens à percussão SPT é o tipo de investigação geotécnica, a mais econômica e prática da engenharia de solos e fundações utilizada mundialmente (SCHNAID e ODEBRECHT, 2012, apud SANTOS, 2015, p. 11). Segundo Carneiro (2014), a sondagem a percussão é um ensaio realizado para conhecimento do subsolo e sua resistência ao longo da profundidade. O método é bastante utilizado em todo o mundo e o mais utilizado no Brasil, especialmente por ser muito barato.

O equipamento é composto por:

- Martelo de ferro para cravação das hastes de perfuração, do amostrador e do revestimento. Seu formato é cilíndrico e o peso é de 65kg;
- Conjunto motor-bomba para circulação de água no avanço da perfuração;
- Trépano de lavagem constituído por peça de aço terminada em bisel e dotada de duas saídas laterais para a água a ser utilizada;
- Trado concha com 100mm de diâmetro e helicoidal com diâmetro de 56 a 62mm;
- Amostrador padrão de diâmetro externo de 50,8mm e interno de 34,9mm, com corpo bipartido.

Figura 21 - Equipamento para ensaio de percussão e medição do SPT de subsolo.



Fonte: Campos (2014).

A NBR 8036/83 (Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios) estabelece os números de perfurações a serem feitas, em função do tamanho do edifício, conforme segue: No mínimo uma perfuração para cada 200m² de área da projeção em planta do edifício, até 1.200m² de área; Entre 1.200 m² e 2.400m² fazer uma perfuração para cada 400 m² que excederem aos 1.200 m² iniciais; acima de 2.400m² o número de sondagens será fixado de acordo com o plano particular da construção.

Em quaisquer circunstâncias o número mínimo de sondagens deve ser de dois para a área da projeção em planta do edifício até 200m², e três para área entre 200m² e 400m².

O ensaio consiste em cravar no terreno um amostrador com dimensões e energia potencial teórica de cravação padronizada. O amostrador é cravado através do impacto de uma massa metálica (martelo) de 65 kg caindo em queda livre de 75 cm de altura. O ensaio é realizado em três fases com penetrações de 15 cm e o resultado do teste – denominado N_{SPT} – será a quantidade de golpes necessários para fazer penetrar os últimos 30 cm (os primeiros 15 cm são desprezados devido à perturbação do terreno provocada pelos trabalhos de furação). (CARNEIRO, 2014).

Segundo a NBR 6484 o processo de perfuração por circulação de água, associado aos ensaios penetrométricos, deve ser utilizado até onde se obtiver, nesses ensaios, uma das seguintes condições:

- a) quando, em 3 m sucessivos, se obtiver 30 golpes para penetração dos 15 cm iniciais do amostrador-padrão;
- b) quando, em 4 m sucessivos, se obtiver 50 golpes para penetração dos 30 cm iniciais do amostrador-padrão; e
- c) quando, em 5 m sucessivos, se obtiver 50 golpes para a penetração dos 45 cm do amostrador-padrão.

Dependendo do tipo de obra, das cargas a serem transmitidas às fundações e da natureza do subsolo, admite-se a paralisação da sondagem em solos de menor resistência à penetração, desde que haja uma justificativa geotécnica ou solicitação do cliente.

Caso haja necessidade técnica de continuar a investigação do subsolo até profundidades superiores às limitadas, o processo de perfuração por trépano e circulação de água deve prosseguir até que forem obtidos avanços inferiores a 50 mm em cada período de 10 min ou quando, após a realização de quatro ensaios consecutivos, não for alcançada a profundidade de execução do SPT, devendo, então, a seguir ser substituído pelo método de perfuração rotativa

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi adotada uma metodologia que consiste em uma sequencia de ações, começando pela aquisição e tratamento dos dados pontuais da área de estudo, seguindo pelo desenvolvimento de modelos computacionais em 2 e 3 dimensões, e finalizando com a comparação dos modelos com sondagens geofísicas, a fim de complementar a interpretação do modelo.

Na primeira etapa da pesquisa foram contatadas grandes empresas de sondagem da Grande Vitória com o intuito de reunir o maior número de sondagens SPT e rotativas da região de estudo para dar início ao trabalho. Os dados da pesquisa foram fornecidos pelas empresas: Areia Branca Engenharia e Stan Fundações e Construções Civas, que apoiaram e entenderam a iniciativa da pesquisa e disponibilizaram todos os dados aqui reunidos. As sondagens foram agrupadas primeiramente por bairros em seguida analisadas e separadas as que mais continham informações características da área. Para auxiliar na organização dos dados foi utilizada uma planilha do *software Excel®*. Essa planilha contém todas as informações iniciais retiradas dos boletins de sondagens como bairro, nome da rua, numeração, quadra, elevação, profundidade do nível d'água e a numeração do furo que foi lançada no *software RockWorks®*, esta planilha pode ser visualizada na figura 23. Após trabalhar essas informações, a planilha foi alimentada com a latitude, longitude e elevação de cada furo isso só foi possível ser realizado com o auxílio das ferramentas *Google Maps* e o *Google Earth*, porém foi encontrada uma grande dificuldade no momento de encontrar a localização do furo, pois a maior parte das sondagens não possui o número da localização e nem o nome do empreendimento, portanto foi utilizada a Planta Municipal da Grande Vitória disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Vitória em seu site, onde foi possível localizar com mais exatidão, pois o mapa esta delimitado por quadras e lotes, através dessa planta e o *Google Earth* foi possível alimentar a planilha com os dados de latitude e longitude. Após a análise dos furos, foi encontrada uma quantidade considerável de dados que chega ao impenetrável ao trépano na sondagem SPT, portanto foram elaborados 3 modelos tanto litológico quanto estratigráfico, um considerando apenas os furos que chegam ao impenetrável ao trepano e outro agregando as informações dos furos onde a sondagem foi paralisada pelo cliente, isso foi levado em consideração para desenhar melhor o modelo, e também analisar a ocorrência das camadas de argila nas proximidades de região em que possui os afloramentos rochosos, sabendo a partir do estudo da geologia da região onde foi

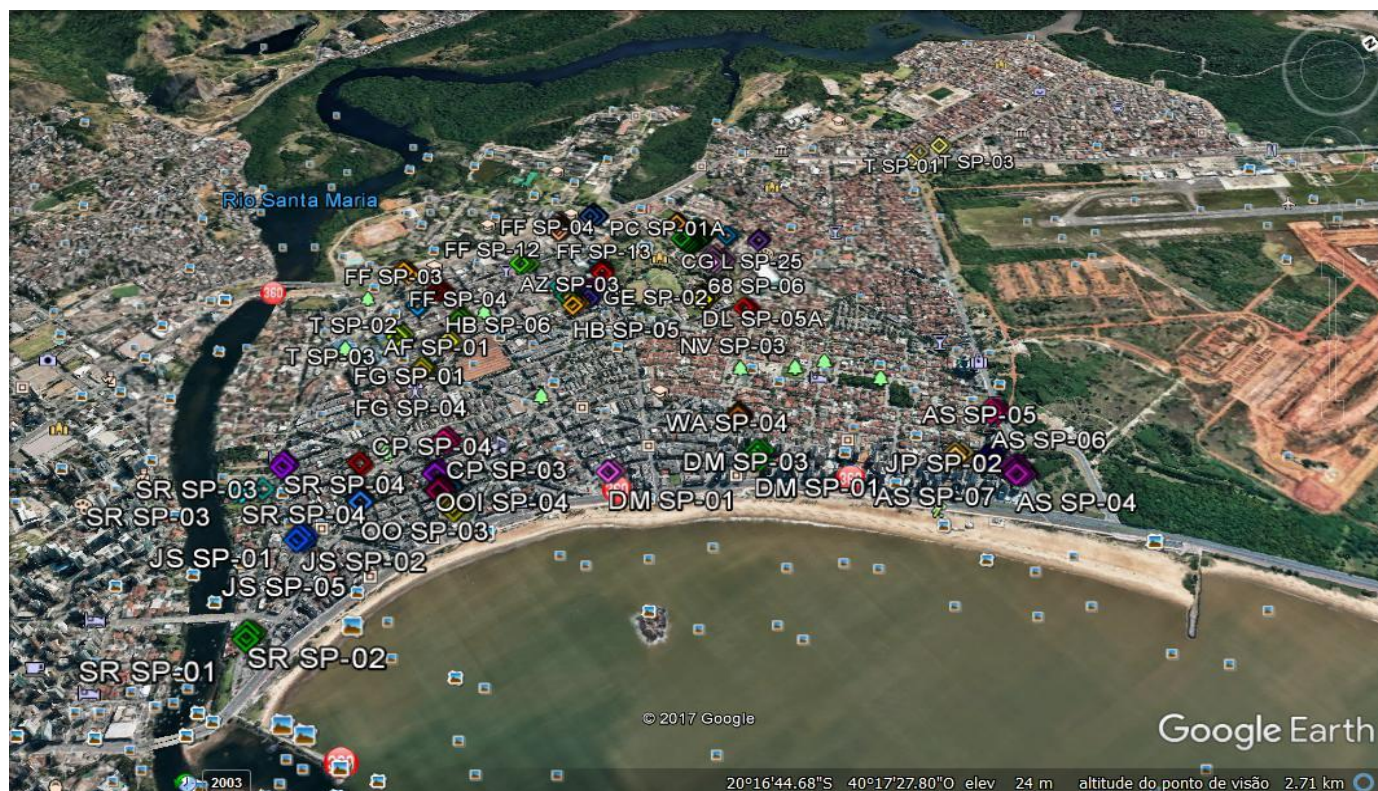
possível visualizar através da carta ampliada do CPRM 2013 na figura 9 que Vitória possui afloramentos rochosos que são rochas que foram formadas entre o estágio tardi colisional e pós-colisional do orógeno Araçuai. Após a criação desses dois modelos, optou-se, com o intuito de enriquecer a pesquisa e comparar a relação entre os modelos criar um modelo reclassificando os sedimentos de acordo com a NBR 6484:2011 e um modelo P-data, esse modelo P-data (nomeação dada pelo software utilizado) consiste um modelo N(SPT) onde se pode comparar a relação do modelo litológico encontrado através da reclassificação dos sedimentos comparando ao seu N(SPT) vale ressaltar que os valores do N(SPT) não foram corrigidos, foram adotados os valores encontrados nos boletins de sondagem. Dessa forma foram locados os furos de sondagem em seus devidos terrenos no *Google Earth* nas coordenadas geográficas de cada furo. Na figura 23 pode ser observada a localização de cada furo, onde cada marcador corresponde ao furo de sondagem respectivo.

Figura 22 - Planilha de auxílio para alimentar dados ao *software* RockWorks

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	IMPENETRÁVEL														
2															
3	MATA DA PRAIA - VITÓRIA - ES														
4	RUA VITÓRIA TACKLA				PROFUNDIDADE DO NÍVEL DA ÁGUA		NUMERAÇÃO ROCK WORKS	RUA GENSERICO ENCARNÇÃO				PROFUNDIDADE DO NÍVEL DA ÁGUA		NUMERAÇÃO ROCK WORKS	
5		LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO	INÍCIO	TÉRMINO			LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO	INÍCIO	TÉRMINO		
6	SP-01	20°16'43.83"	40°17'49.25"	8	SECO	SECO	SP-01	SP-01	20°16'41.21"	40°17'51.26"	8	SECO	SECO	SP-87	
7	SP-01A	20°16'43.85"	40°17'49.31"	8	SECO	SECO	SP-02	SP-02	20°16'41.50"	40°17'51.08"	8	SECO	SECO	SP-88	
8	SP-01B	20°16'43.78"	40°17'49.25"	8	SECO	SECO	SP-03	SP-03	20°16'41.43"	40°17'51.55"	7	SECO	SECO	SP-89	
9	SP-01C	20°16'43.85"	40°17'49.19"	8	SECO	SECO	SP-04	SP-04	20°16'41.24"	40°17'51.67"	7	0	0	SP-90	
10	SP-01D	20°16'43.91"	40°17'49.25"	8	SECO	SECO	SP-05	SP-05	20°16'40.93"	40°17'51.90"	7	SECO	SECO	SP-91	
11	SP-02	20°16'44.95"	40°17'49.48"	6	2.00	2.00	SP-06	SP-06	20°16'41.36"	40°17'51.95"	7	0	0	SP-92	
12	SP-03	20°16'44.02"	40°17'49.60"	7	0	0	SP-07								
13	SP-04	20°16'44.74"	40°17'49.75"	6	2.02	2.02	SP-08								
14	SP-05	20°16'43.85"	40°17'49.67"	8	0	0	SP-09								
15	SP-06	20°16'44.83"	40°17'49.85"	6	1.72	1.70	SP-10								
16	SP-07	20°16'44.51"	40°17'49.39"	7	0	0	SP-11								
17															
18	AVENIDA FERNANDO FERRARI, 950				PROFUNDIDADE DO NÍVEL DA ÁGUA		NUMERAÇÃO ROCK WORKS	AVENIDA DES. DERMEVAL LYRIO				PROFUNDIDADE DO NÍVEL DA ÁGUA		NUMERAÇÃO ROCK WORKS	
19		LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO	INÍCIO	TÉRMINO			LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO	INÍCIO	TÉRMINO		
20	SP-01	20°16'39.78"	40°18'3.4"	2	0.90	0.90	SP-12	SP-01	20°16'35.16"	40°17'40.54"	5	0	0	SP-93	
21	SP-02	20°16'39.90"	40°18'2.71"	2	1.45	1.00	SP-13	SP-01A	20°16'35.15"	40°17'40.55"	5	0	0	SP-94	
22	SP-03	20°16'40.06"	40°18'3.06"	2	0.88	0.88	SP-14	SP-01B	20°16'35.10"	40°17'40.57"	5	0	0	SP-95	
23	SP-04	20°16'40.15"	40°18'3.44"	2	0.90	0.90	SP-15	SP-01C	20°16'35.14"	40°17'40.62"	5	0	0	SP-96	
24	SP-05	20°16'40.01"	40°18'2.12"	2	0.77	0.77	SP-16	SP-02	20°16'34.82"	40°17'40.13"	5	0	0	SP-97	
25	SP-06	20°16'40.32"	40°18'2.17"	2	0.99	0.99	SP-17	SP-02A	20°16'34.79"	40°17'40.12"	5	0	0	SP-98	
26	SP-07	20°16'40.57"	40°18'2.22"	2	0.78	0.78	SP-18	SP-02B	20°16'34.81"	40°17'40.16"	5	0	0	SP-99	
27	SP-07A	20°16'40.55"	40°18'2.22"	2	0.79	0.79	SP-19	SP-03	20°16'35.36"	40°17'40.99"	6	3.32	3.35	SP-100	
28	SP-07B	20°16'40.59"	40°18'2.19"	2	0.77	0.77	SP-20	SP-04	20°16'34.74"	40°17'40.88"	5	0	0	SP-101	
29	SP-07C	20°16'40.59"	40°18'2.27"	2	0.79	0.79	SP-21	SP-04A	20°16'34.67"	40°17'40.88"	5	0	0	SP-102	
30	SP-07D	20°16'40.62"	40°18'2.22"	2	0	0	SP-22	SP-04B	20°16'34.73"	40°17'40.84"	5	0	0	SP-103	
31	SP-08	20°16'40.75"	40°18'2.23"	2	0.64	0.64	SP-23	SP-04C	20°16'34.73"	40°17'40.93"	5	0	0	SP-104	
32	SP-09	20°16'40.11"	40°18'1.47"	2	0	0	SP-24	SP-05	20°16'35.41"	40°17'40.22"	6	0	0	SP-105	
33	SP-10	20°16'40.42"	40°18'1.53"	2	0	0	SP-25	SP-05A	20°16'35.47"	40°17'40.23"	6	0	0	SP-106	
34	SP-11	20°16'40.71"	40°18'1.55"	2	0.54	1.00	SP-26	SP-05B	20°16'35.41"	40°17'40.19"	6	0	0	SP-107	
35	SP-12	20°16'40.99"	40°18'1.58"	2	0.90	0.82	SP-27	SP-05C	20°16'35.41"	40°17'40.28"	6	0	0	SP-108	
36	SP-13	20°16'40.92"	40°18'2.26"	2	0.95	0.95	SP-28	SP-05D	20°16'35.34"	40°17'40.22"	6	0	0	SP-109	
37	SP-14	20°16'40.77"	40°18'2.92"	2	0.90	0.90	SP-29	SP-06	20°16'35.13"	40°17'40.85"	5	3.50	3.40	SP-110	
38	SP-15	20°16'40.48"	40°18'2.86"	2	0.84	0.84	SP-30	SP-07	20°16'35.40"	40°17'40.72"	6	2.74	2.74	SP-111	
39	SP-16	20°16'40.10"	40°18'2.44"	2	0.04	0.04	SP-31								
40	SP-17	20°16'40.36"	40°18'2.47"	2	0.09	0.09	SP-32								
41	AVENIDA CARLOS GOMES DE SÁ - QUADRA 67				PROFUNDIDADE DO NÍVEL DA ÁGUA		NUMERAÇÃO ROCK WORKS	RUA 68				PROFUNDIDADE DO NÍVEL DA ÁGUA		NUMERAÇÃO ROCK WORKS	
42		LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO	INÍCIO	TÉRMINO			LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO	INÍCIO	TÉRMINO		
43	SP-01	20°16'30.16"	40°17'50.94"	9	SECO	SECO	SP-33	SP-01	20°16'29.81"	40°17'46.43"	7	SECO	SECO	SP-112	
44	IMPENETRÁVEL / PARALISADA														
45															
46	SP-02	20°16'29.27"	40°17'46.28"	7	SECO	SECO	SP-113	SP-02	20°16'29.27"	40°17'46.28"	7	SECO	SECO	SP-113	
47	SP-03	20°16'29.87"	40°17'46.04"	8	SECO	SECO	SP-114	SP-03	20°16'29.87"	40°17'46.04"	8	SECO	SECO	SP-114	
48	SP-04	20°16'29.77"	40°17'45.58"	8	SECO	SECO	SP-115	SP-04	20°16'29.77"	40°17'45.58"	8	SECO	SECO	SP-115	
49	SP-05	20°16'30.33"	40°17'45.44"	9	SECO	SECO	SP-116	SP-05	20°16'30.33"	40°17'45.44"	9	SECO	SECO	SP-116	
50	SP-06	20°16'30.89"	40°17'45.52"	8	SECO	SECO	SP-117	SP-06	20°16'30.89"	40°17'45.52"	8	SECO	SECO	SP-117	

Fonte: Próprio autor

Figura 23 - Mapa de localização das sondagens dos bairros Mata da Praia e Jardim da Penha



Fonte: Modificado do *Google Earth*

Figura 24 - Parte do mapa de localização das quadras e lotes dos bairros Mata da Praia e Jardim da Penha



Fonte: Prefeitura Municipal de Vitória (2016) – Arquivo CAD

Na terceira etapa, que constitui em alimentar uma planilha extraída do *software RockWorks®*, foi necessário enquadrar as descrições litológicas semelhantes em uma única descrição padrão. Portanto foram criados 8 tipos de litologia baseados na descrição da litologia (para os modelos litológico-01 e litológico-02 para o litológico-03 utilizou-se a classificação da NBR 6484:2011), para uma melhor compreensão os modelos foram nomeados conforme a tabela 3:

Tabela 3. – Classificação dos Modelos gerados

Nome do Modelo	Descrição
Litológico-01	Neste modelo os dados utilizados foram apenas em que as sondagens chegaram ao impenetrável ao trépano, em todas as sondagens analisadas percebeu-se que o critério de paralisação pelo sondador ao chegar ao impenetrável era quando encontrava decomposição de rocha. A classificação dos sedimentos foi analisada pelo autor, onde os sedimentos foram classificados através da análise tátil visual imposta pelo sondador, agrupando as camadas com a mesma característica chegando assim a um resultado mais homogêneo do modelo, essa classificação dos sedimentos estão dispostas na tabela 4 desta pesquisa;
Litológico-02	Neste modelo os dados utilizados foram os dados já compilados no Modelo litológico01 acrescentando os furos de sondagens em que as sondagens foram paralisadas pelo cliente. Nessas sondagens em que houve paralisação pelo cliente não houve um critério para paralisação, apenas o cliente determinou a paralisação quando pelos furos sondados concluiu que seria o suficiente. A classificação adotada para os sedimentos estão dispostas na tabela 4 desta pesquisa;
Litológico-03	Neste modelo utilizou-se como base para a classificação dos sedimentos a NBR 6484:2011 onde os sedimentos são classificados através do número N(SPT), A classificação adotada está disposta na tabela 9 desta pesquisa;
Estratigráfico-01	Este modelo corresponde aos dados do modelo litológico01 onde utilizamos os dados da tabela 5 para a classificação dos sedimentos;
Estratigráfico-02	Este modelo corresponde aos dados do modelo litológico02 onde utilizamos os dados da tabela 5 para a classificação dos sedimentos;
Estratigráfico-03	Este modelo corresponde aos dados do modelo litológico03 onde utilizamos a mesma nomenclatura para os sedimentos encontrados na litologia03;
N(SPT)	Modelo onde os dados processados são os dados do valor do N(SPT), ressaltando que os valores aqui compilados pelo software são os mesmos extraídos pelo boletim de sondagem, não houve correção dos valores de N;

Fonte: Próprio autor.

Através da litologia se criou o grupo da estratigrafia, um problema encontrado nesse ponto foi não ter um estudo mais detalhado do material para a classificação estratigráfica, portanto as camadas permaneceram com o mesmo nome litológico, agrupando apenas as camadas de silte e argila, formando a camada estratigráfica silte e argila. As camadas litológicas e estratigráficas estão detalhadas nas tabelas 4 e 5. Para padronizar a litologia foi necessário agrupar os litotipos com características semelhantes baseados: granulometria, cor, grau de compacidade ou consistência e profundidade da mesma camada. Com o intuito de

gerar camadas mais homogêneas e uma melhor visualização do modelo, foi feito primeiramente uma classificação com toda a litologia encontrada, porém ao gerar o modelo não houve uma homogeneidade das camadas, ficando difícil criar um modelo mais homogêneo e representativo da área e a realidade, em seguida foi feita uma recategorização da litologia e assim conseguiu-se obter um modelo mais homogêneo e mais representativo da geografia e geologia local.

A tabela a seguir mostra a litologia encontrada no boletim e em seguida a recategorização utilizada para criar a homogeneidade do modelo gerado.

Tabela 4– Critérios de agrupamento das camadas litológicas (continua)

Litologia encontrada	Definição	Litologia Relacionada
Aterro	Depósito artificial de qualquer tipo de solo ou de outros materiais, saturado ou não.	Aterro
Areia com turfa ¹	Solo não coesivo e não plástico composto de tecido vegetal em vários estágios de decomposição, formado por minerais ou partículas de rochas, compreendidos em fração fina a grossa. Compacidade fofa a medianamente compacta e coloração amarela/cinza/marrom.	Areia
Argila Mole	Solo de granulação fina, constituído por partículas com dimensões menores que 0,002mm, alta plasticidade e coesão, consistência mole.	Argila
Areia com fragmentos de marisco ¹	Solo não coesivo e não plástico composto por minerais e fragmentos de mariscos, Compacidade fofa a medianamente compacta e coloração amarela/cinza/marrom.	Areia
Areia	Solo não coesivo e não plástico formado por minerais ou partículas de rochas, compreendidos em fração fina a grossa. Compacidade fofa a medianamente compacta e coloração amarela/cinza/marrom	Areia
Arenito	Rocha sedimentar resultante da compactação e litificação de um material granular de dimensão das areias. Coloração varia de amarela, vermelha e cinza.	Arenito
Matacão	Grande massa de rochas, constituída por afloramento de rochas nuas, diâmetro maior que 256mm, formados pelo intemperismo químico. Coloração cinza	—

Tabela 5- Critérios de agrupamento das camadas litológicas (continuação)

Argila	Solo de granulação fina, constituído por partículas com dimensões menores que 0,002mm, alta plasticidade e coesão, consistência mole à rija.	Argila
Argila com fragmento de mariscos	Solo de granulação fina, constituído por partículas com dimensões menores que 0,002mm, alta plasticidade e coesão, consistência mole à rija. Também considerados aqui as argilas siltosas e argilosas.	Argila
Silte	Solo que apresenta baixa ou nenhuma plasticidade e que exibe baixa resistência quando seco ao ar. As propriedades dominantes de um determinado solo são devidas à partes constituídas pela fração silte. Sua consistência vai de rija a mole.	Silte
Areia Siltosa e Areia argilosa	Solo de granulação variada, com a presença de solos finos, predomina os grãos visíveis a olho nu (areia), sua compactidade é de fofa a medianamente compacta. Coloração cinza, amarela e preta.	Areia 1
Areia Siltosa e Areia argilosa	Solo de granulação variada, com a presença de solos finos, predomina os grãos visíveis a olho nu (areia), sua compactidade é de compacta a muito compacta. Coloração cinza, amarela e preta.	Areia 2
Areia	Solo não coesivo e não plástico formado por minerais ou partículas de rochas, compreendidos em fração fina a grossa. Compactidade compacta a muito compacta e coloração amarela/cinza/marrom	Areia Compacta

¹ - Levando em consideração a compactidade pode ser considerado com areia ou areia compacta.

Fonte: Próprio autor.

O Matacão foi encontrado apenas em uma das sondagens que foi paralisada pelo cliente, portanto não aparece na reclassificação da litologia.

Tendo em vista a tabela anterior, foi necessário criar através da litologia, por falta de dados estratigráficos sobre a formação das camadas da região a seguinte tabela estratigráfica:

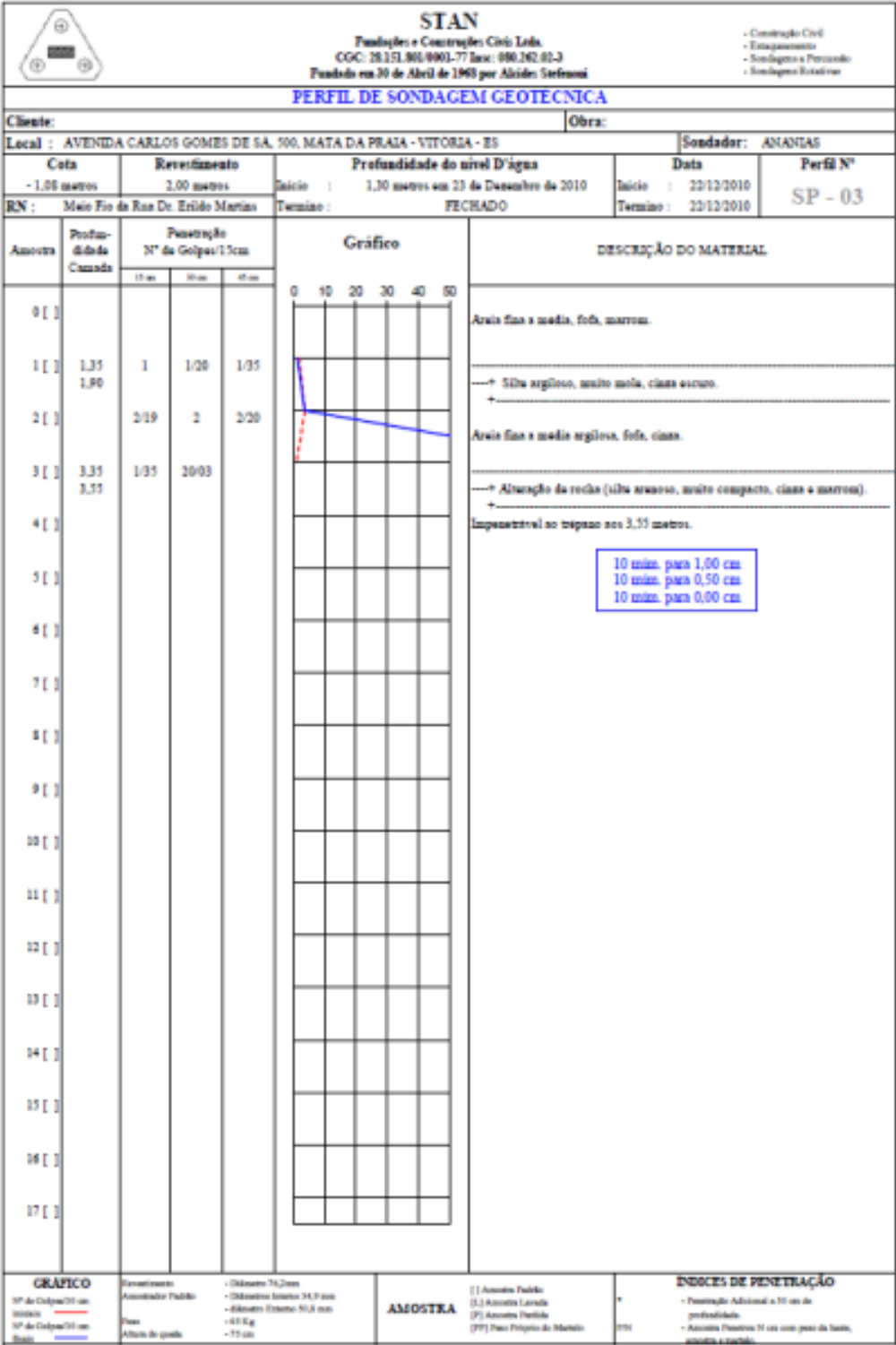
Tabela 6– Critérios de agrupamento das camadas estratigráficas.

Litologia	Definição	Estratigrafia relacionada
Aterro	Depósito artificial de qualquer tipo de solo ou de outros materiais, saturado ou não.	Aterro
Areia	Solo não coesivo e não plástico formado por minerais ou partículas de rochas, compreendidos em fração fina a grossa. Compacidade fofa a medianamente compacta e coloração amarela/cinza/marrom	Areia
Argila	Solo de granulação fina, constituído por partículas com dimensões menores que 0,06mm, consistência mole à rija.	Argila e Silte
Silte	Solo de granulação fina, constituído por partículas com dimensões menores que 0,06mm, consistência mole à rija.	Argila e Silte
Areia 1	Solo de granulação variada, com a presença de solos finos, predomina os grãos visíveis a olho nu (areia), sua compacidade é de fofa a medianamente compacta. Coloração cinza, amarela e preta.	Areia 1
Areia 2	Solo de granulação variada, com a presença de solos finos, predomina os grãos visíveis a olho nu (areia), sua compacidade é de compacta a muito compacta. Coloração cinza, amarela e preta.	Areia 2
Areia Compacta	Solo não coesivo e não plástico formado por minerais ou partículas de rochas, compreendidos em fração fina a grossa. Compacidade compacta a muito compacta e coloração amarela/cinza/marrom	Areia Compacta

Fonte: Próprio autor.

As figuras a seguir mostram algumas sondagens utilizadas como dados para chegar até as tabelas 5 e 6.

Figura 25 - Sondagem 112-124 realizada em Mata da Praia



F
onte:
STA
N
(201
0).

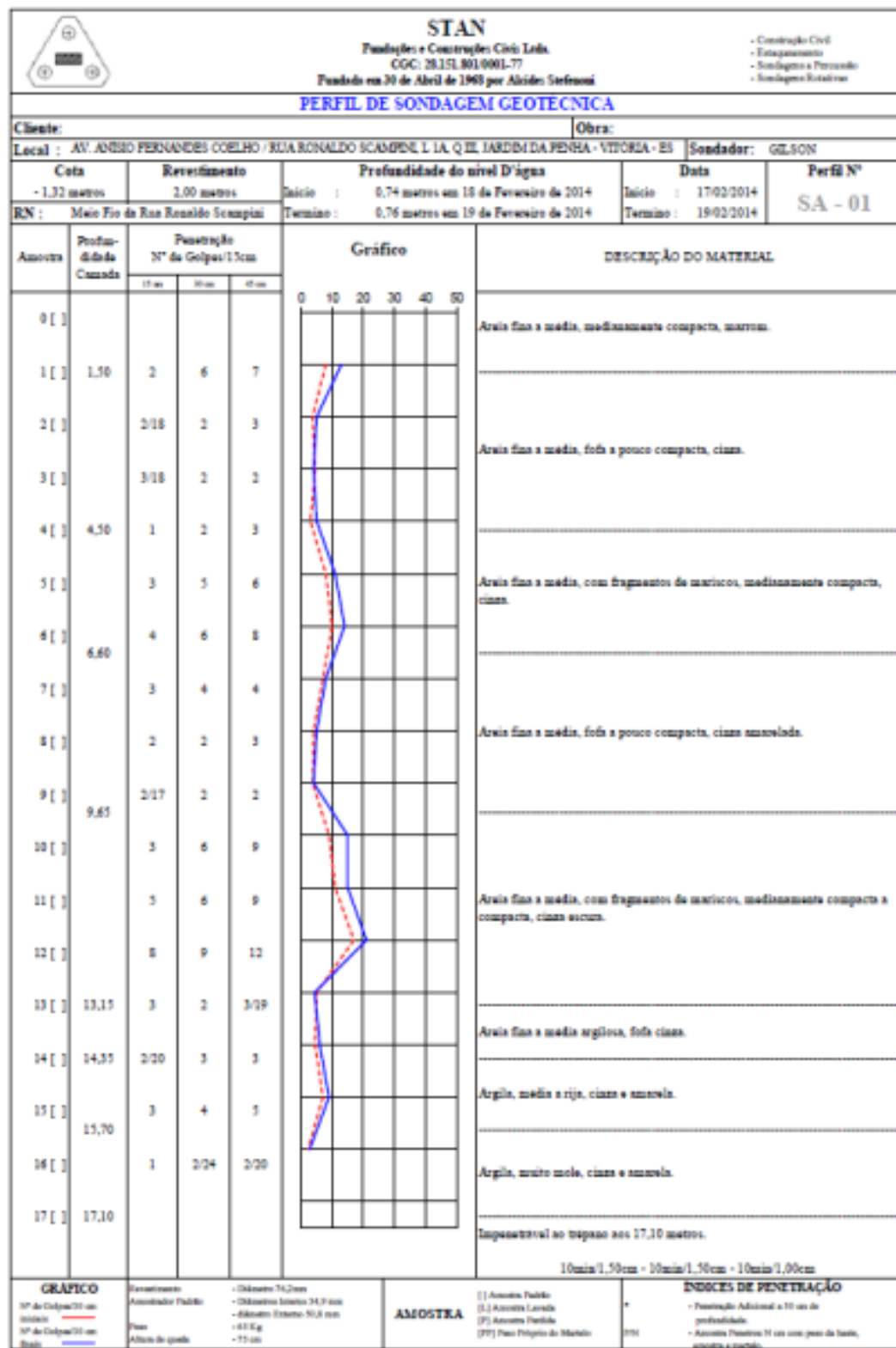
S
26 -
o
n
d
a
g
e
m

2
1
3
-
2
1
7

J
a
r
d
i
m

d
a

P
e
n
h
a



Rua Gil Martins de Oliveira, 181 - Santa Lucia - Vitória - ES - Cep: 29045-326

Fonte: STAN (2014).

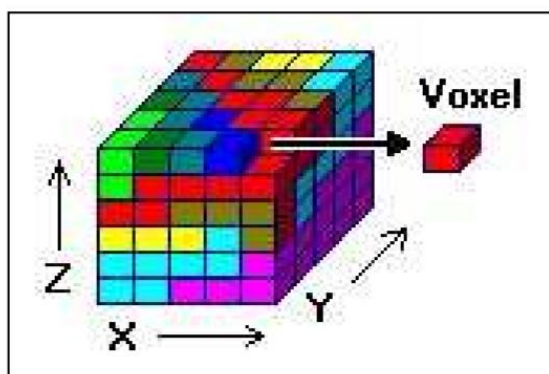
Após essa etapa da classificação do solo foram estabelecidos os tipos de camadas litológicas e estratigráficas de cada furo, tais dados foram compilados na planilha que tem por base o *Excel*, essa planilha foi exportada do *RockWorks®* com intuito de agilizar o lançamento dados. Todos os dados reunidos até esta etapa (Altitude, coordenada geográfica, litologia, estratigrafia e NSPT), foram agrupados no mesmo arquivo dando a última etapa da pesquisa onde os dados foram importados para o *software RockWorks®*.

O *Software Rockworks®*, comercializado pela *Rockware Incorporated* (1983-2009), é um programa computacional que gerencia, analisa e visualiza dados geológicos de superfície e subsuperfície de uma maneira relativamente simples. *RockWorks* tem sido o padrão nas indústrias de petróleo, ambientais, geotécnicas e de mineração para a visualização de dados de subsuperfície, por causa de suas ferramentas populares, tais como mapas, registros, seções transversais, diagramas de vedação, modelos sólidos e volumetria. Este programa oferece inúmeras opções para analisar seus dados de subsuperfície, e aceita muitos tipos diferentes de dados, tais como a estratigrafia, litologia, os dados de fundo do poço, dados de fratura e hidrologia e dados de aquífero.

Como dito anteriormente a forma de inserção de dados é bem simples, pois existe a opção de catalogar os dados em planilhas tipo *Excel*. Desta forma, é criada uma planilha com todos os materiais encontrados existentes do projeto, como profundidade da sondagem e do nível d'água, materiais encontrados em cada camada, coordenadas, altitude, fraturas, etc. Esta planilha global é importada para o programa para que os dados possam ser gerenciados e desenvolvidos no mesmo.

O *Software Rockworks®*, trabalha com uma malha de pontos em sua modelagem, ou um sólido de blocos (volumes constantes ou *voxels*) para caso em 3D como pode ser observado na figura representativa a seguir.

Figura 27 - Volume constante utilizado para construção do sólido



Fonte: RockWorls, 2008 apoud Almeida, 2011.

Essa malha de *voxels* deve ser de acordo com o tamanho do modelo que vai ser gerado, o qual deve ser definida pelo usuário. Leva-se em consideração as distâncias entre as sondagens (x,y) e a altura das camadas (z), como se pode observar através da figura 28.

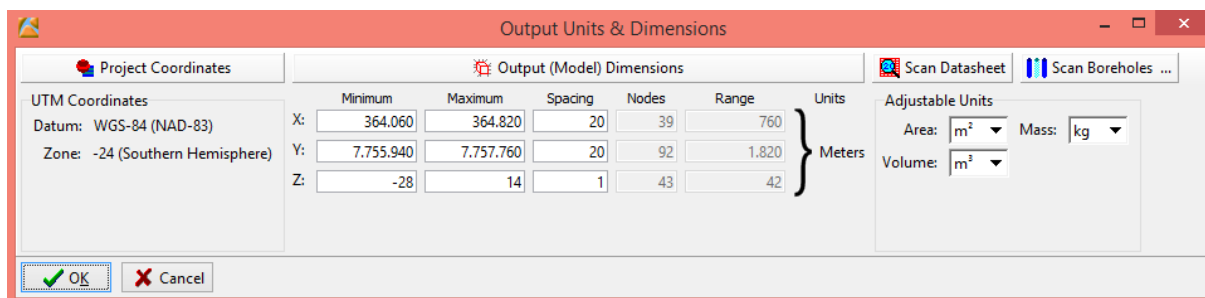
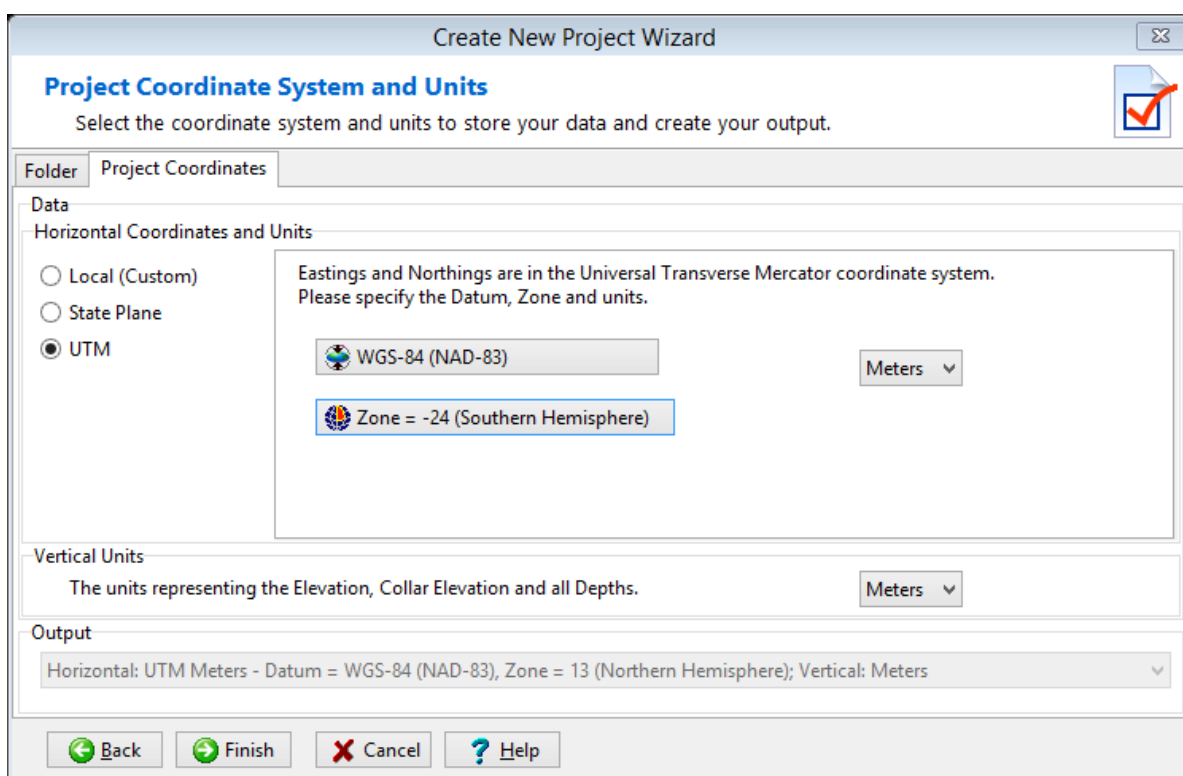


Figura 28 - Dimensões do modelo e espaçamento entre os nós

Fonte: RockWorks 16

O *Software Rockworks* possui uma interface bem simples de trabalhar, ao criar o projeto ele pede as coordenadas UTM, ao definir o local o usuário já pode começar a importar as planilhas ou lançar individualmente cada ponto no programa.

Figura 29 - Interface do programa para criar um novo projeto



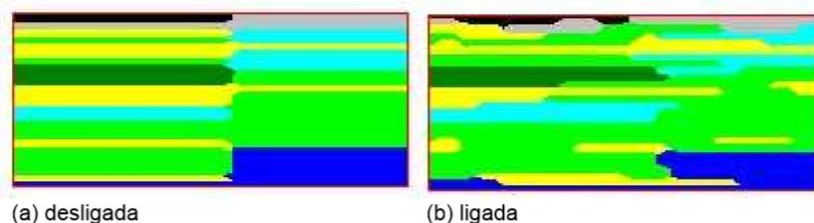
Fonte: RockWorks 16.

O programa permite realizar modelagens de acordo com o tipo de propriedade (variável) que se deseja estudar. É possível criar superfícies em 2D e 3D. O modelo em 2D permite a visualização por camadas e mostra um corte de seção horizontal na profundidade desejada.

A modelagem a partir de dados litológicos cria um modelo sólido a partir das descrições encontradas nos boletins de sondagem, permitindo selecionar algumas configurações para sua construção, como:

- **Harmonização Aleatória (*Randomize Blending*)** - este recurso minimiza mudanças abruptas na litologia, resultando em um modelo, mais misturado, bem como um geólogo pode desenhar à mão, conforme demonstrado na figura 30. No entanto, por ser um processo aleatório, modelos litológicos criados sucessivamente a partir dos mesmos dados serão um pouco diferentes (Almeida, 2011);

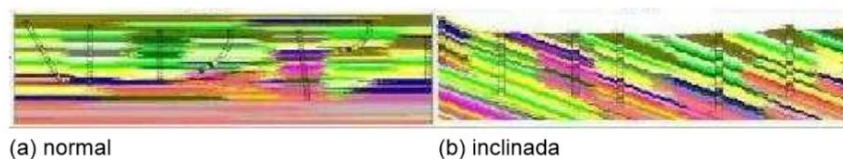
Figura 30 - Função Randomize Blending(a) desligada e (b) ligada



Fonte: RockWorks, (2008) *apud* Almeida, (2011).

- **Interpolação de Pontos Extremos (*InterpolateOutliers*)**: infere valores de G a todos os volumes constantes (voxels) do bloco litológico a ser criado. Se este recurso não for selecionado será determinada uma distância de corte (cutoff) para o modelo igual à menor distância existente entre duas sondagens (Almeida, 2011).
- **Modelagem Inclínada (*TiltedModeling*)**: impõem uma direção de mergulho (azimute de 0° a 360°) e um mergulho (ângulo 0° sen do horizontal e ângulo -90° sendo vertical para baixo) determinados pelo usuário, introduzindo um gradiente regional na interpolação do modelo (Almeida, 2011), como pode ser observado na figura 31;

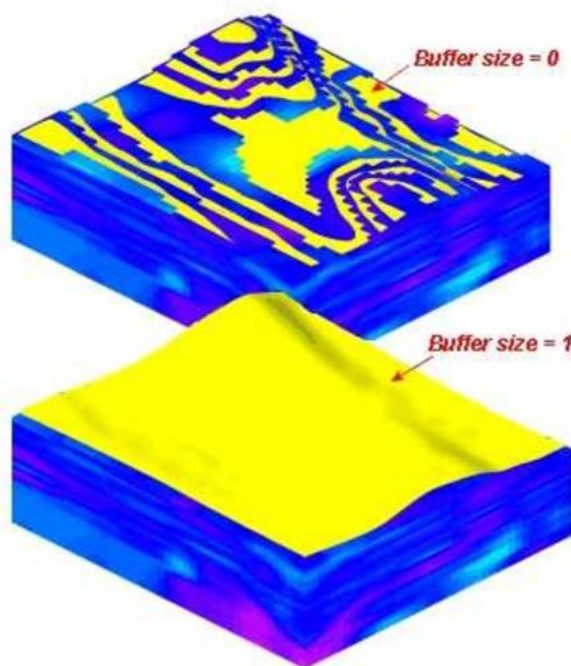
Figura 31 - Função TiltedModeling(a) normal e (b) inclinada



Fonte: RockWorks, (2008) *apud* Almeida, (2011).

- Filtro de Superfície Superior (*UpperSurface Grid Filter*): limita o modelo por uma superfície superior. O usuário deve identificar quais são as superfícies e o tamanho do *buffer* onde o valor 1 representa a distância de um nó vertical, relativo às dimensões do projeto (Almeida, 2011);

Figura 32 - Opção Buffer Sizeda da função *UpperSurface Grid Filter*



Fonte: RockWorks, (2008) *apud* Almeida, (2011).

Segundo Almeida (2011), a modelagem estratigráfica permite a utilização de diversos métodos geoestatísticos de interpolação de superfície, qualquer método de interpolação tenta aproximar o modelo da realidade, apresentando erros e incertezas devido ao interpolador

utilizado. Dependendo da variável que se deseja estudar, a disposição distância e quantidade de amostras, escolhe-se determinado método de interpolação a fim de minimizar a geração de erros. De acordo com Krajewski e Gibbs (1966) apud Alessi (2011) pode-se observar na Tabela 7 a comparação entre os métodos de interpolação.

Tabela 7- Comparação entre os Métodos de Interpolação

Interpolador Sendo 1=melhor e 5=pior	Fidelidade aos dados originais	Suavidade das cores	Velocidade de computação	Precisão geral
Triangulação	1	4	1	4
Inverso da distância	3	3	2	3
Superfície de tendência	4	1	3	2
Krigagem	2	2	4	1

Fonte: Modificado de Krajewski e Gibbs, 1996 apud Alessi, 2011

Nesta pesquisa foi adotado o método do Inverso da distância, segundo Alessi (2011), que criou uma formulação para este método, calcula-se o valor de um ponto através da média dos pontos mais próximos. A seguir pode se observar a formulação criada por Alessi (2011).

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}}$$

Em que:

Z: é o valor interpolador para o nó da grade;

Z_i: é o valor do ponto amostrador vizinho ao nó;

H_{ij}: distância entre o nó da grade Z_i.

β: expoente de ponderação (peso);

n: número de pontos amostrados utilizados para interpolar cada nó.

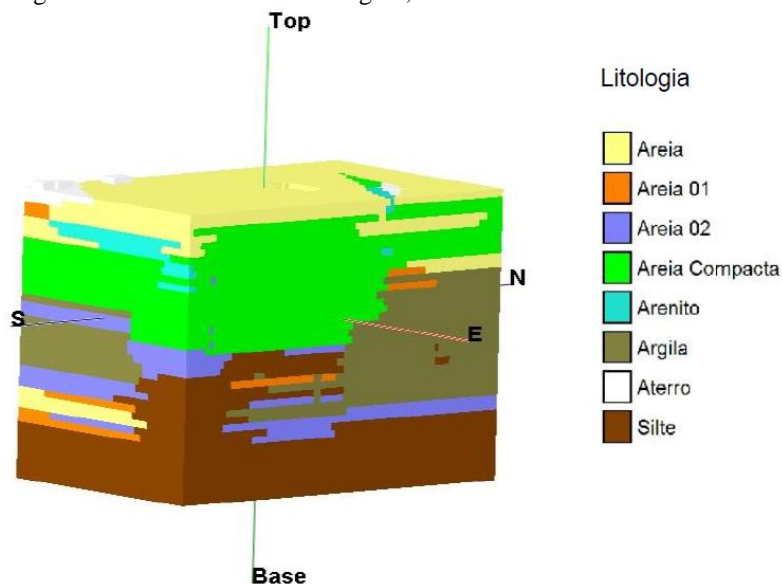
Tabela 8- Vantagens e desvantagens do interpolador inverso ponderado da distância

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil entender matematicamente; • Algoritmo bem conhecido e discutido; • Disponível em muitos softwares; • É razoavelmente fiel aos valores amostrados originais; • Não estima valores de pontos amostrados maiores ou menores que os valores máximos e mínimos dos dados; • Bom para estimativas de espessura, concentração química e propriedades físicas; • Muito bom para analisar variações de pequena amplitude (anomalias) entre os dados irregularmente distribuídos; • Bom estimador para propósitos gerais; • Pode interpolar por setor, onde o usuário pode escolher a quantidade de amostras, por setor, que serão levadas em consideração, em uma determinada estimativa de valor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não estima valores de Z_i maiores ou menores que valores máximos e mínimos dos dados; • Ruim para estimativas de dados estruturais, isto é para determinar o topo ou a base de horizontes estratigráficos ou litológicos; • É difícil projetar a curva de altitude zero ou valores negativos; • Influência de valores locais anônimas é dificilmente removida; • Dados dispostos em conjuntos de semelhantes podem influenciar as estimativas de modo bastante tendencioso; • Cria muitas observações ilusórias devido as limitações do método de interpolação, o que pode ser reduzido ou eliminado se o raio de busca for reduzido, se a tendência for removida previamente e se ocorrer mudanças no expoente utilizando, no tamanho de grade, no número de pontos utilizados e ponderação direcional.
Quando Usar	Quando não Usar
<ul style="list-style-type: none"> • Estimativas de propósito gerais; • Distribuição uniforme de dados; • Para destacar anomalias locais; • Para calcular volume em operações entre grades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dados agrupados; • Tendência pronunciada presente; • Dados com falhas e distribuídos de forma esparsa; • Não quiser imperfeições no modelo.

Fonte: Ladim (200) *apud* Alessi (2011).

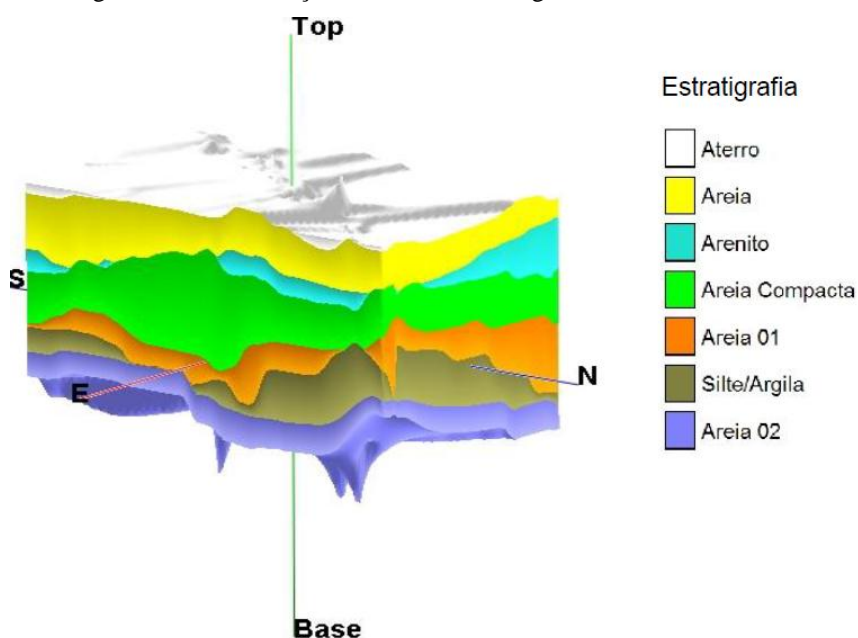
Portanto foi possível constatar através desta metodologia descrita um resultado satisfatório para os modelos gerados onde a litoestratigrafia está baseada na litologia sem atender o tempo de decomposição e formação, e a classificação do material se dá de acordo com a sua descrição mineralógica, granulometria e coloração. Assim como LIMA (2017), conseguiu desenvolver as camadas de solo no entorno da Região da Praia de Itaparica e Jockey de Itaparica demonstrando os resultados litológicos e estratigráficos. Nas Figuras 33 e 34 mostram-se os resultados alcançados por LIMA (2017).

Figura 33 - Modelo litológico, com vista SE-NW



Fonte: LIMA (2017)

Figura 34 - Seção do modelo Estratigráfico com vista NE-SW



Fonte: LIMA (2017)

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

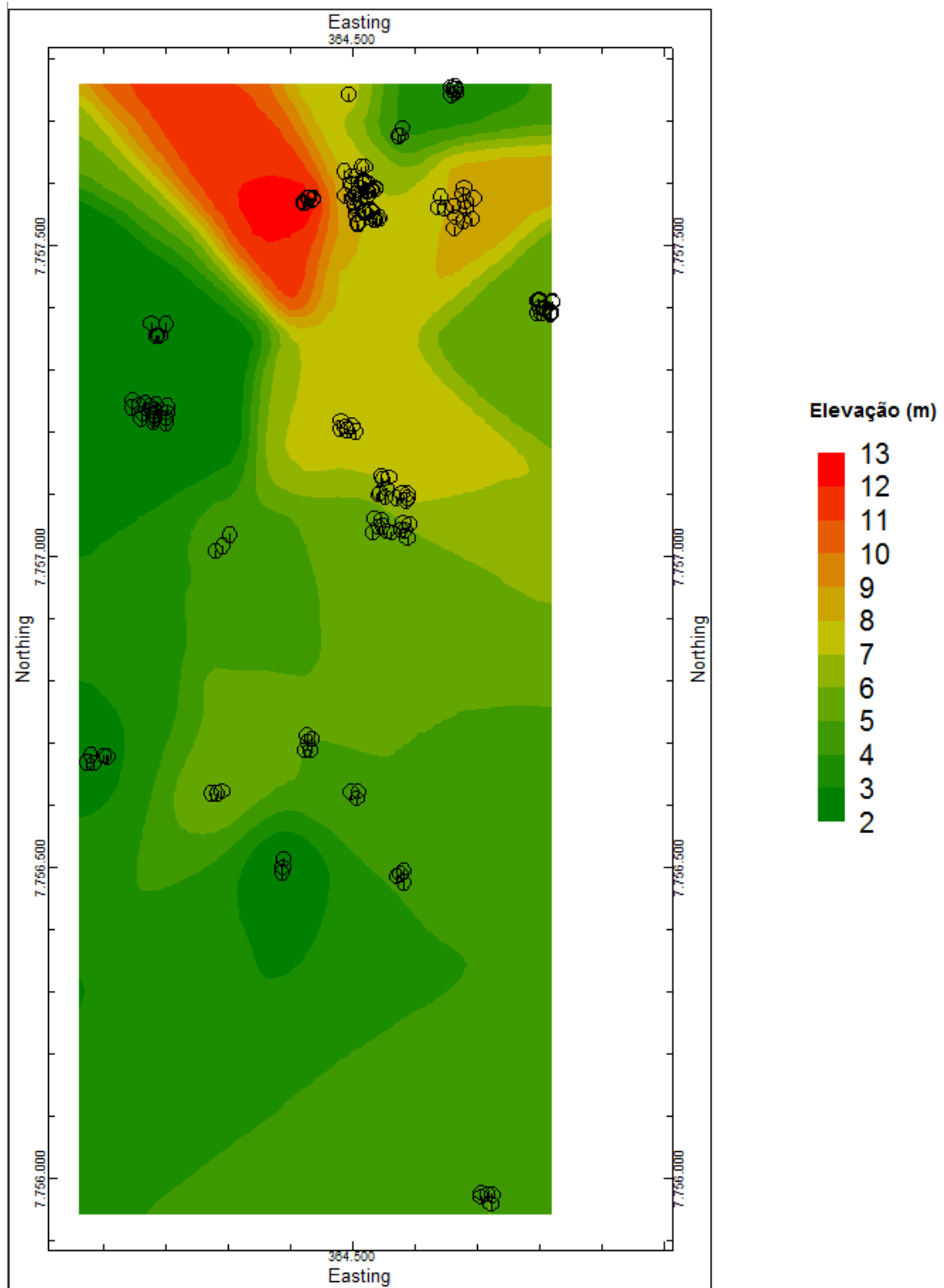
6.1 PROCESSAMENTO DO MODELO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

6.1.1 MODELO GEOLÓGICO

Conforme demonstrado no capítulo 5 desta pesquisa os resultados foram obtidos através da metodologia imposta de forma análoga, a partir da planilha base, com todas as informações extraídas dos boletins de sondagem, foi criada uma planilha no formato necessário para a importação dos dados ao *RockWorks*. Cada aba dessa planilha representa propriedade a ser considerada no projeto. Já explicado anteriormente a litologia e a estratigrafia foram agrupadas de forma a tornar um modelo mais homogêneo e representativo da geologia da região. Para cada uma das classificações, litologia e estratigrafia, foram gerados modelos obedecendo a métodos de interpolação distintos. O modelo litológico, não permite a escolha do método de interpolação geostática, já o modelo estratigráfico foi adotado o método de interpolação inverso da distância explicado no capítulo 5 (cinco) dessa pesquisa.

A figura 35 mostra os pontos distribuídos na área de estudo para o primeiro modelo criado litológico-01.

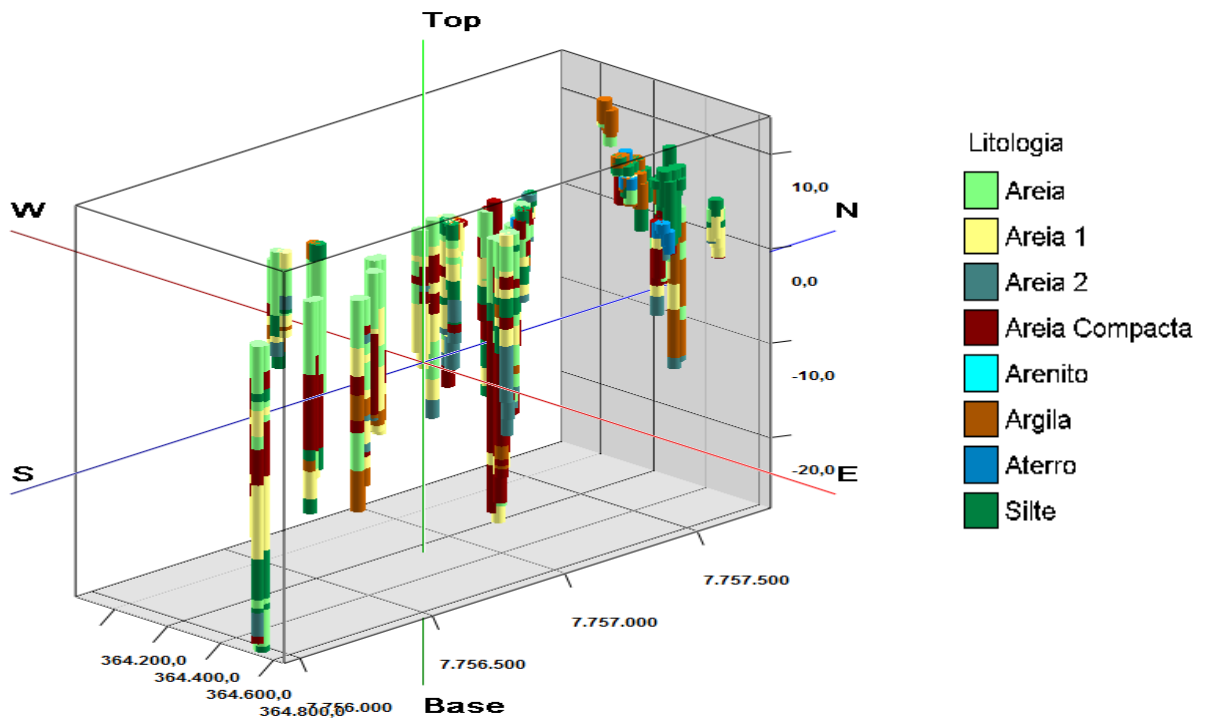
Figura 35 - Disposição das sondagens na área de estudo



Fonte: Próprio autor

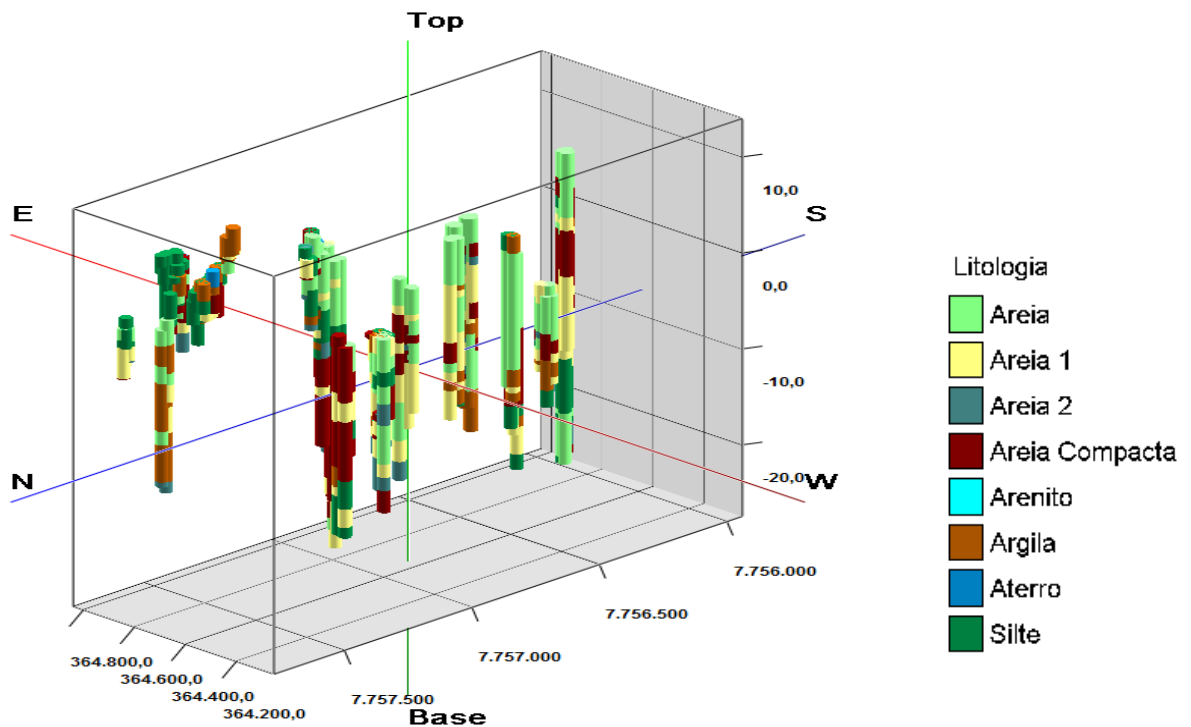
A seguir são apresentadas as quatro vistas da disposição tridimensional das sondagens utilizadas para a elaboração do modelo.

Figura 36 - Vista SE-NW da disposição tridimensional das sondagens



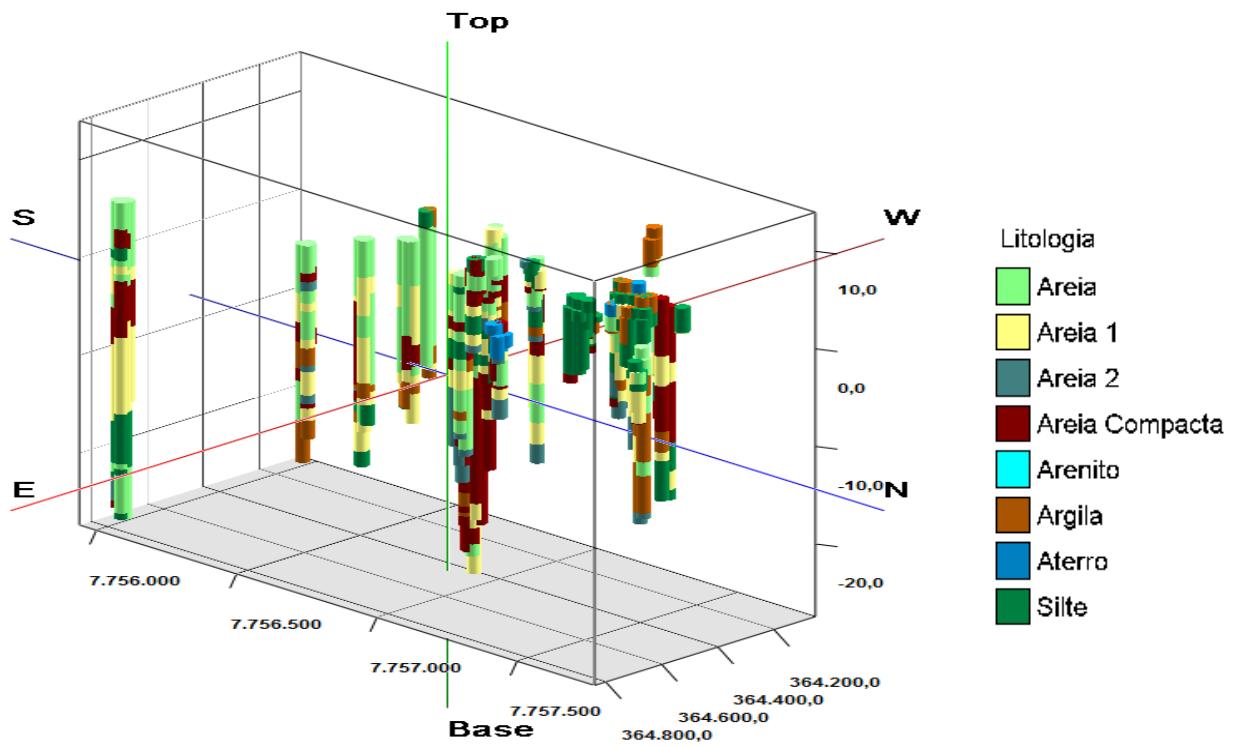
Fonte: Próprio autor

Figura 37 - Vista NW-SE da disposição tridimensional das sondagens



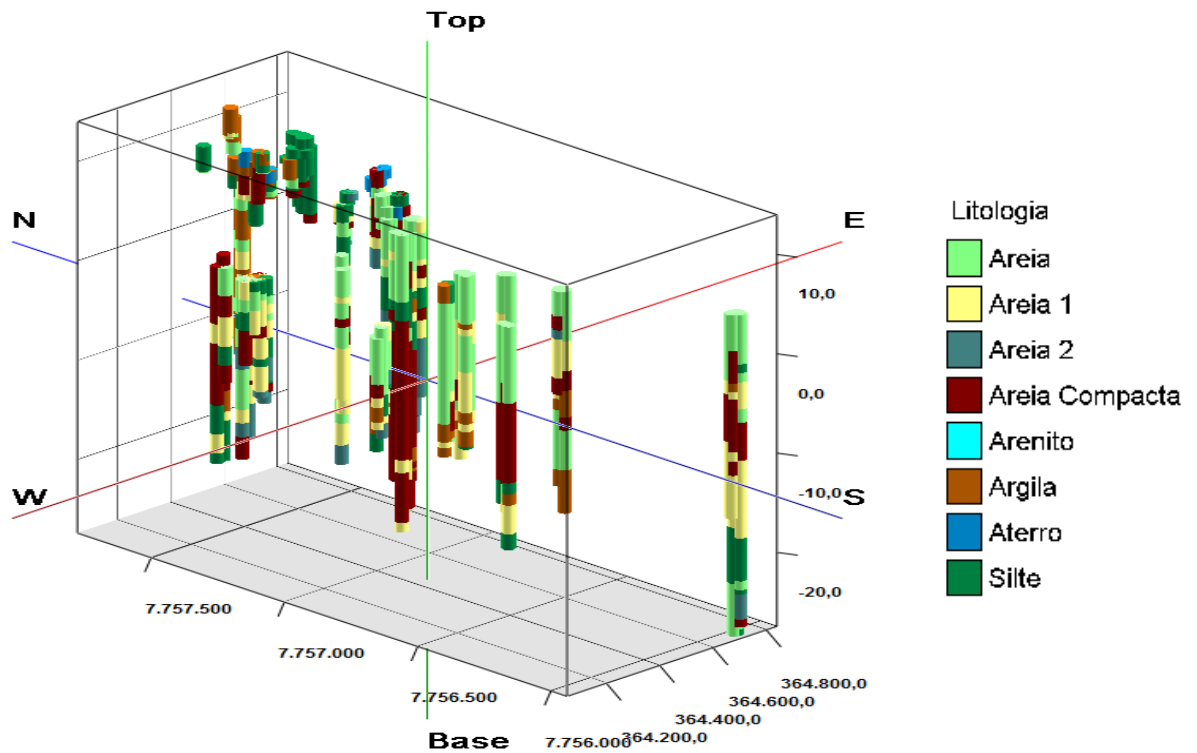
Fonte: Próprio autor

Figura 38 - Vista NE-SW da disposição tridimensional das sondagens



Fonte: Próprio autor

Figura 39 - Vista SW-NE da disposição tridimensional das sondagens

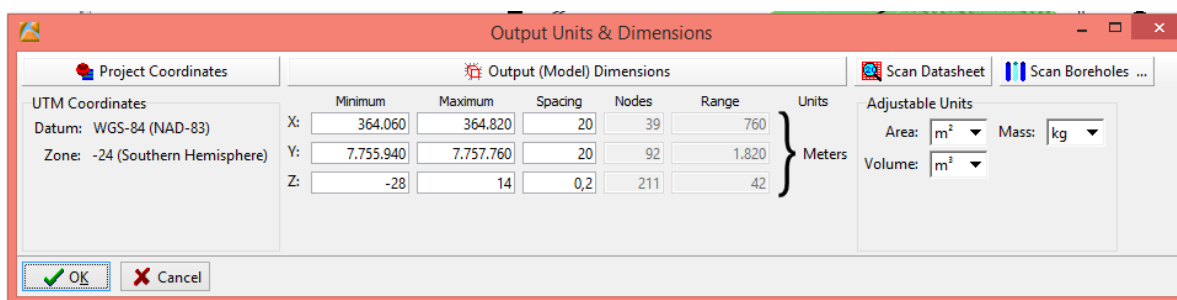


Fonte: Próprio autor

O modelo litológico não tem a possibilidade de escolha do método de interpolação, ele é mais limitado em relação ao modelo estratigráfico que permite a escolha do método de interpolação. Dessa maneira o modelo litológico se torna o mais fidedigno possível em relação aos dados extraídos dos boletins de sondagens.

Para este modelo (litológico-01) foram utilizados diversos espaçamentos entre os nós das malhas até se chegar a um valor ótimo que considera o tempo de processamento e resultado gerado. Esse espaçamento ótimo foi de 20 metros para o eixo X e Y e 0,2 metros para o eixo z, como pode ser visualizado na interface das dimensões do projeto, na figura 40 a seguir.

Figura 40 - Dimensões do projeto



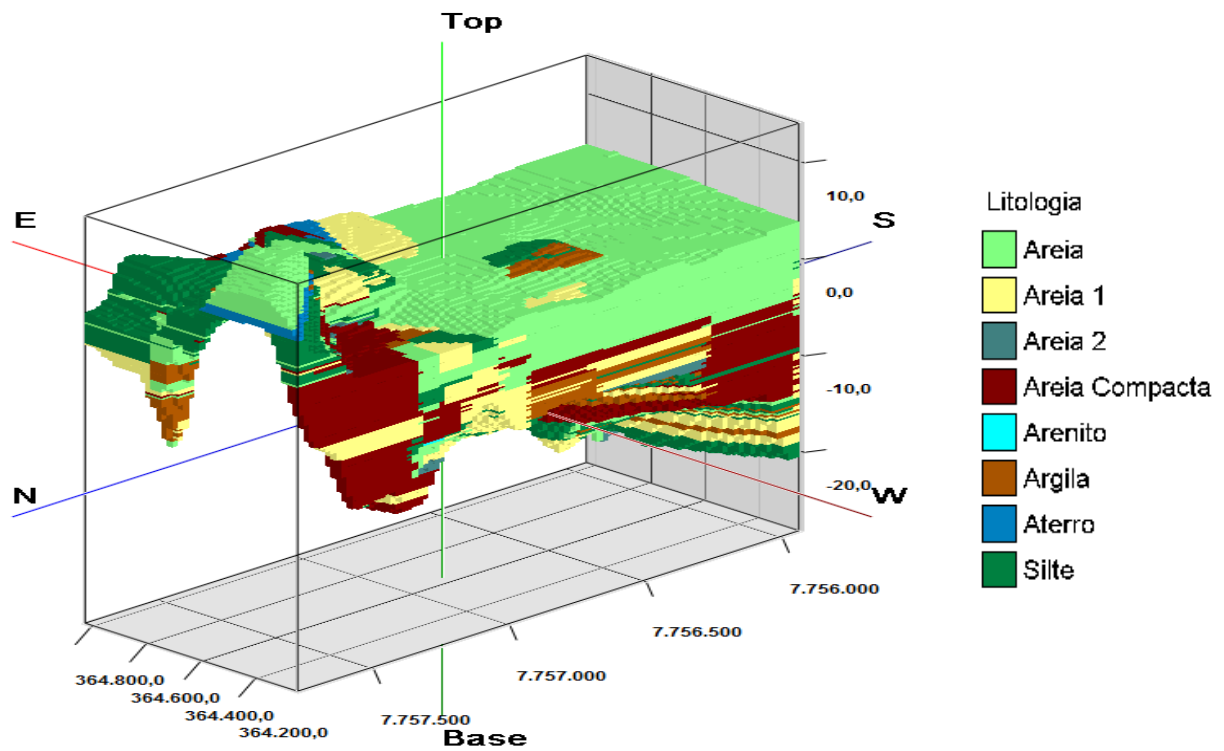
Fonte: Próprio autor

Após diversas tentativas optou-se por utilizar a malha em que necessitou de uma demanda maior de tempo, pois foi a que melhor definiu as camadas, o espaçamento adotado foi o que melhor atendeu para criar um modelo mais representativo da área, nesse caso as camadas foram bem refinadas, portanto o resultado encontrado condiz com os resultados apresentados pelos boletins de sondagem.

Após a escolha do espaçamento, os dados foram processados no *software* no qual gerou o modelo litológico-01, ressaltando que o modelo litológico gerado aqui foram utilizados apenas os pontos que as sondagens chegaram ao impenetrável.

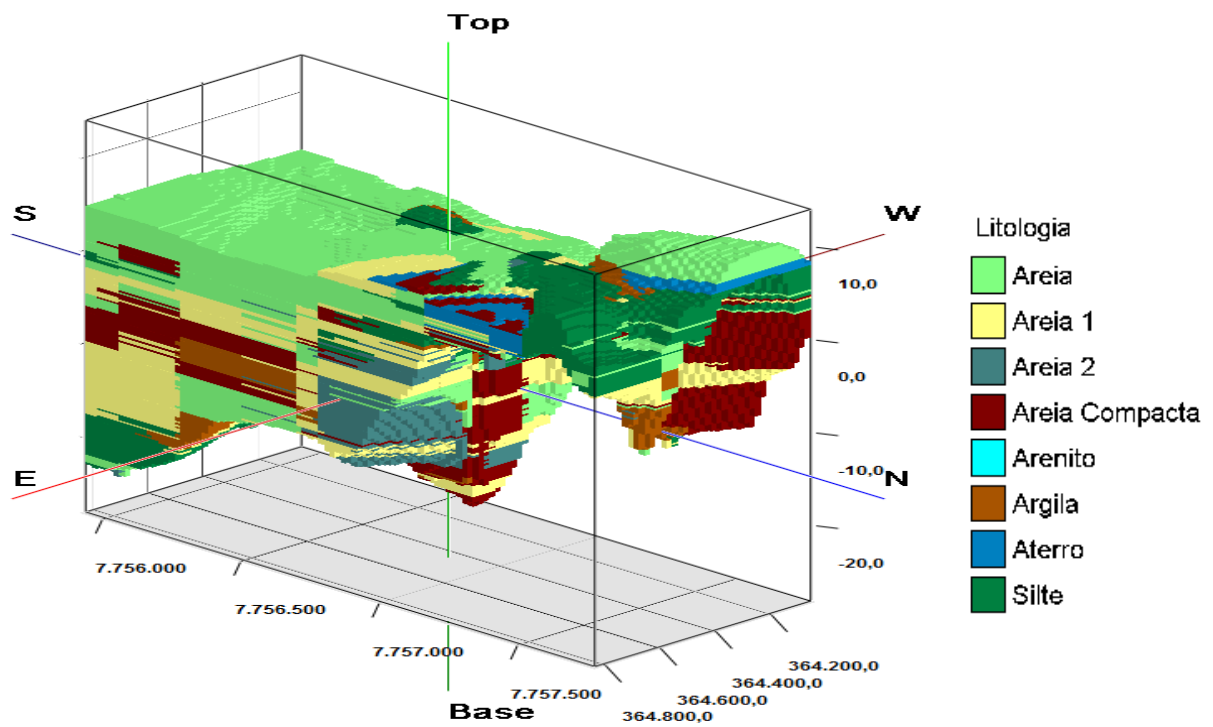
As figuras 41 a 44 mostram os modelos litológicos gerados da área de estudo.

Figura 41 - Modelo litológico-01 com visa NW-SE



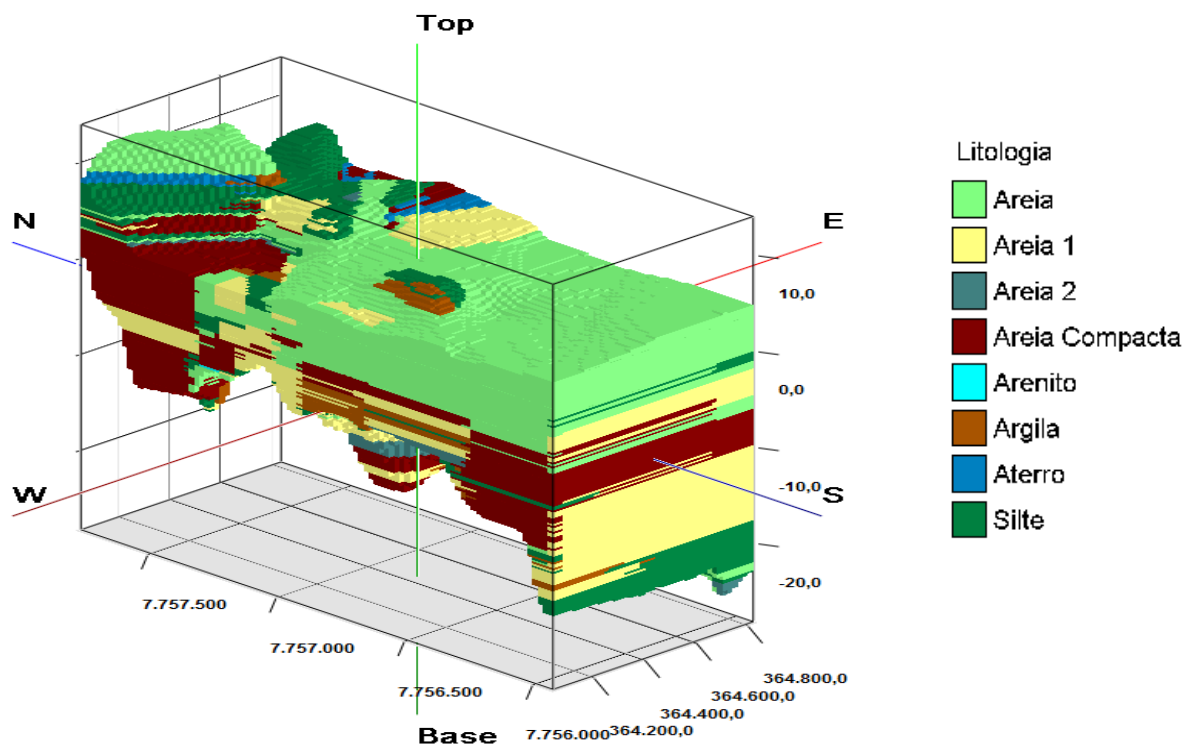
Fonte: Próprio autor

Figura 42 - Modelo litológico-01 com visa NE-SW



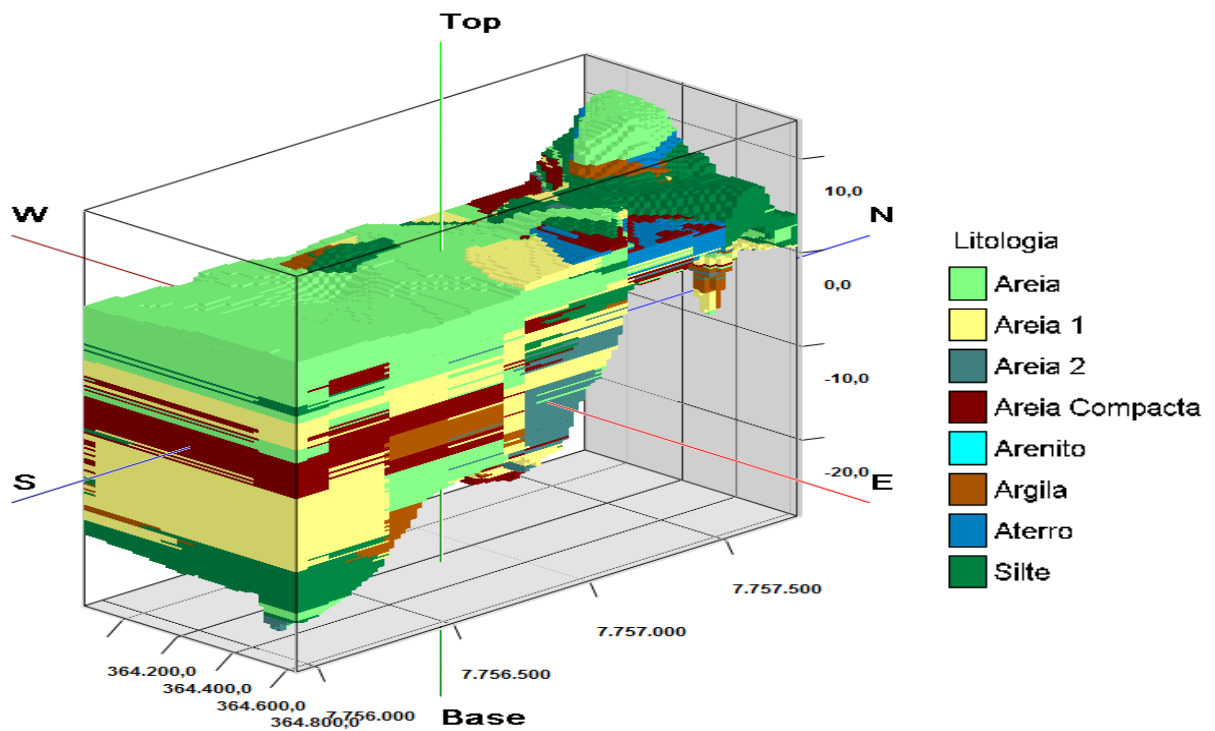
Fonte: Próprio autor

Figura 43 - Modelo litológico-01 com visa NW-SE



Fonte: Próprio autor

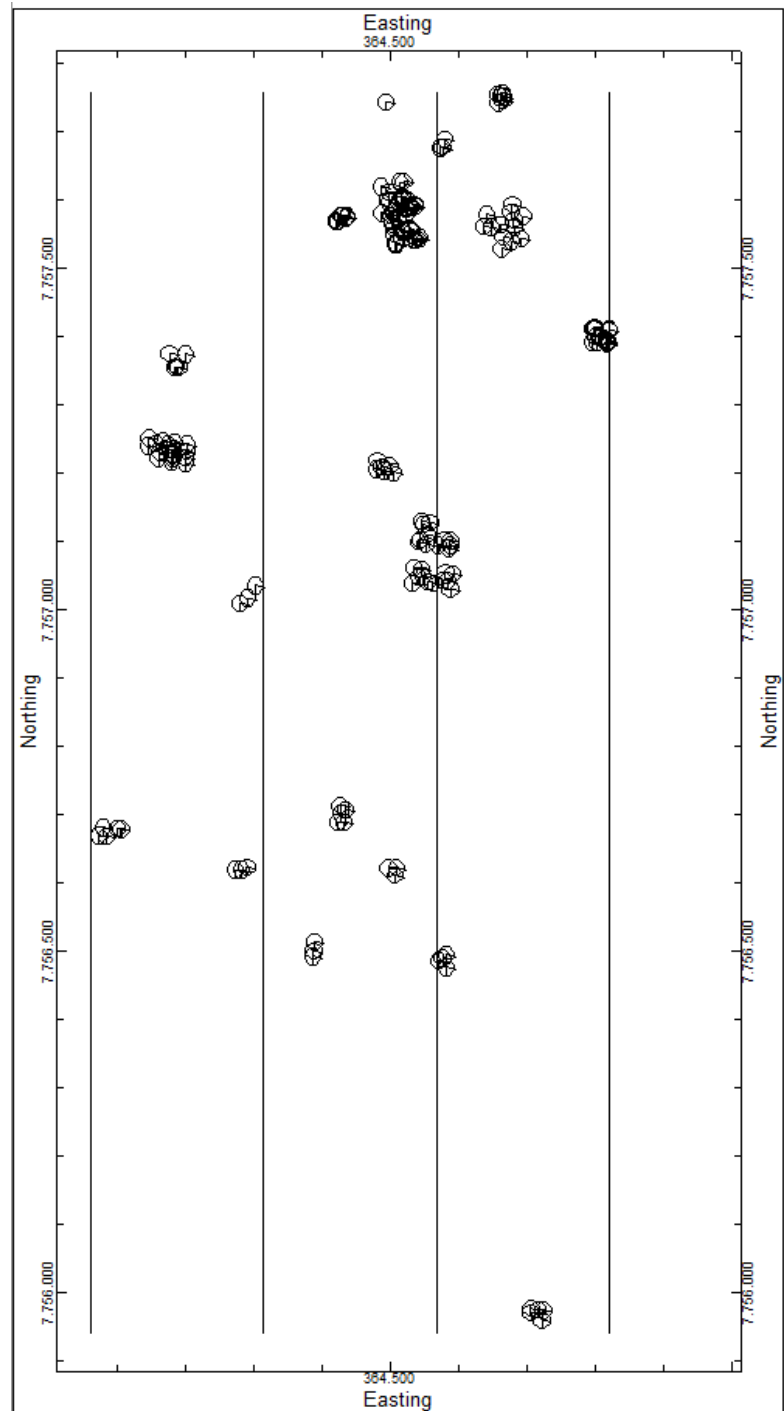
Figura 44 - Modelo litológico-01 com visa NE-SW



Fonte: Próprio autor

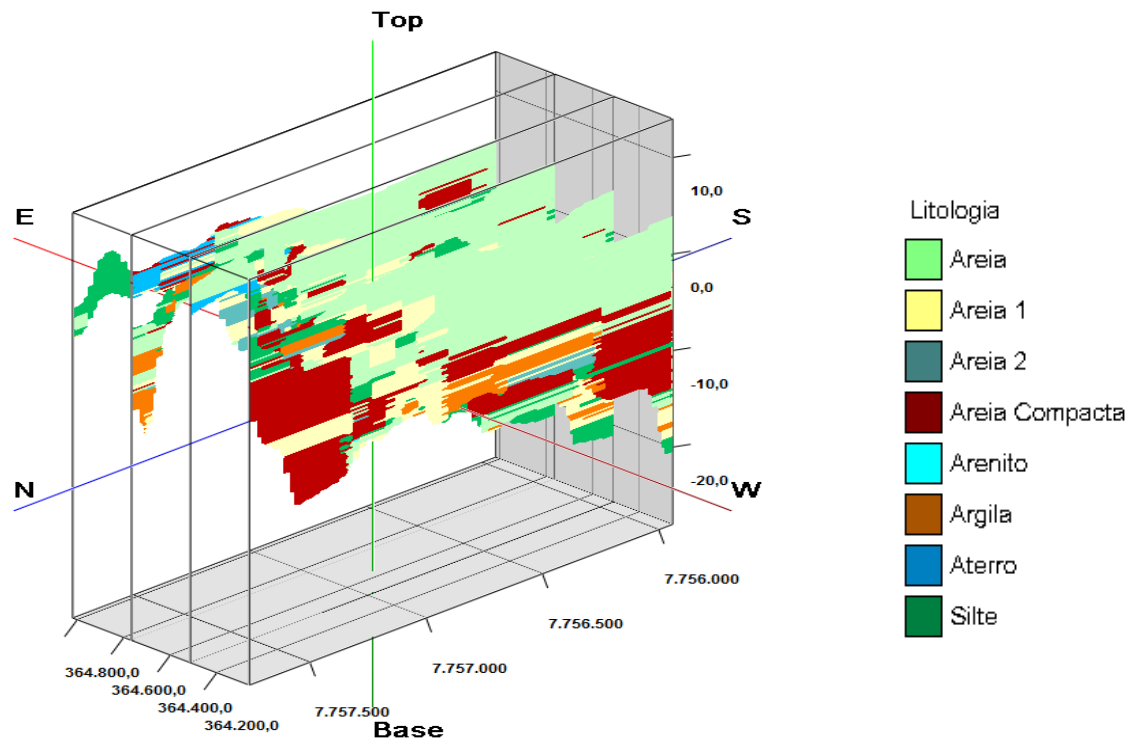
Para uma melhor visualização da litologia da área entre os bairros Mata da praia e Jardim da penha, foram gerados cortes transversais e longitudinais representados pelas figuras 45 a 54.

Figura 45 - Localização das seções longitudinais do modelo litológico-01



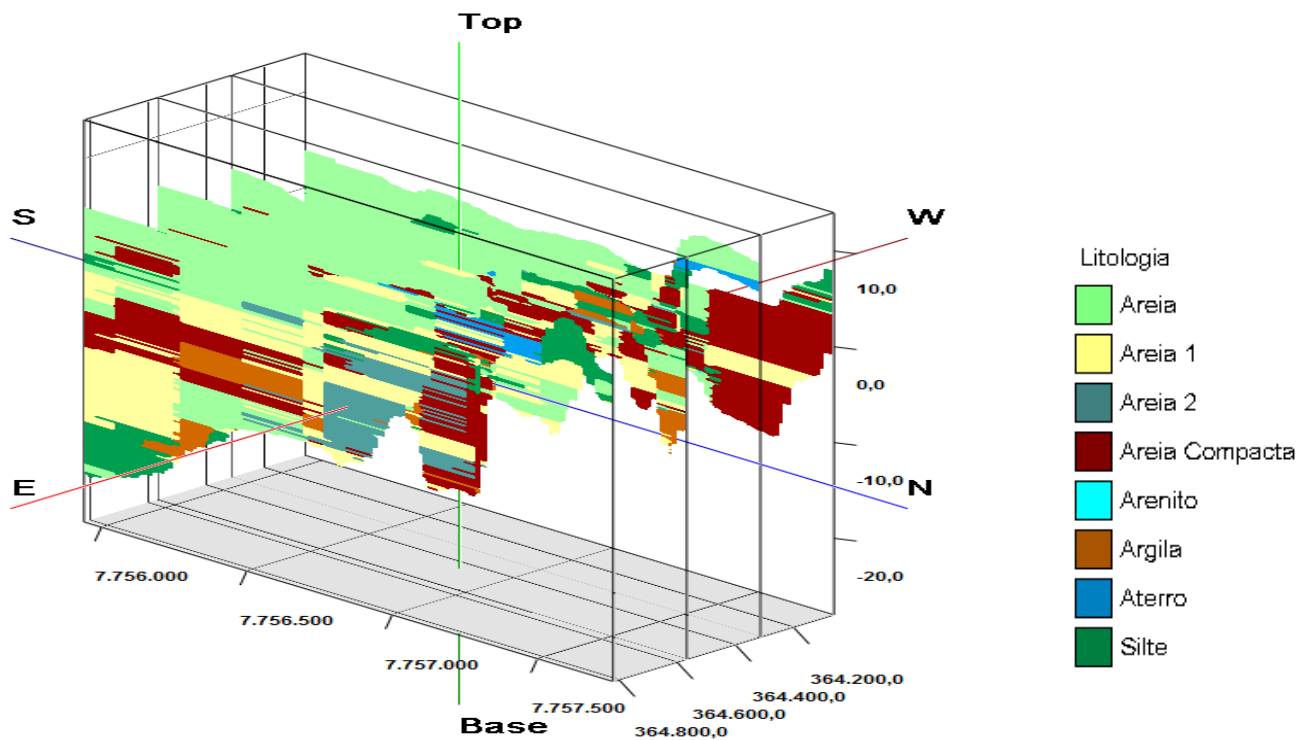
Fonte: Próprio autor

Figura 46 - Vista NW-SE da seção longitudinal do modelo litológico-01



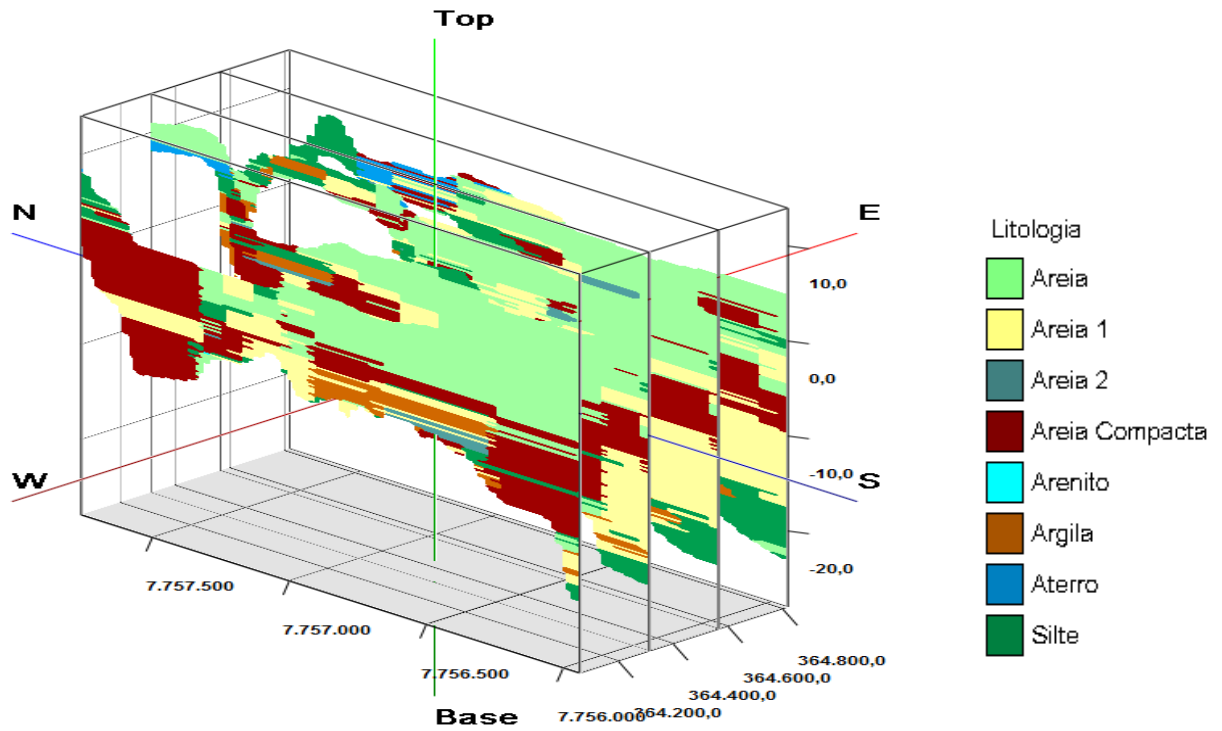
Fonte: Próprio autor

Figura 47 - Vista NE-SW da seção longitudinal do modelo litológico-01



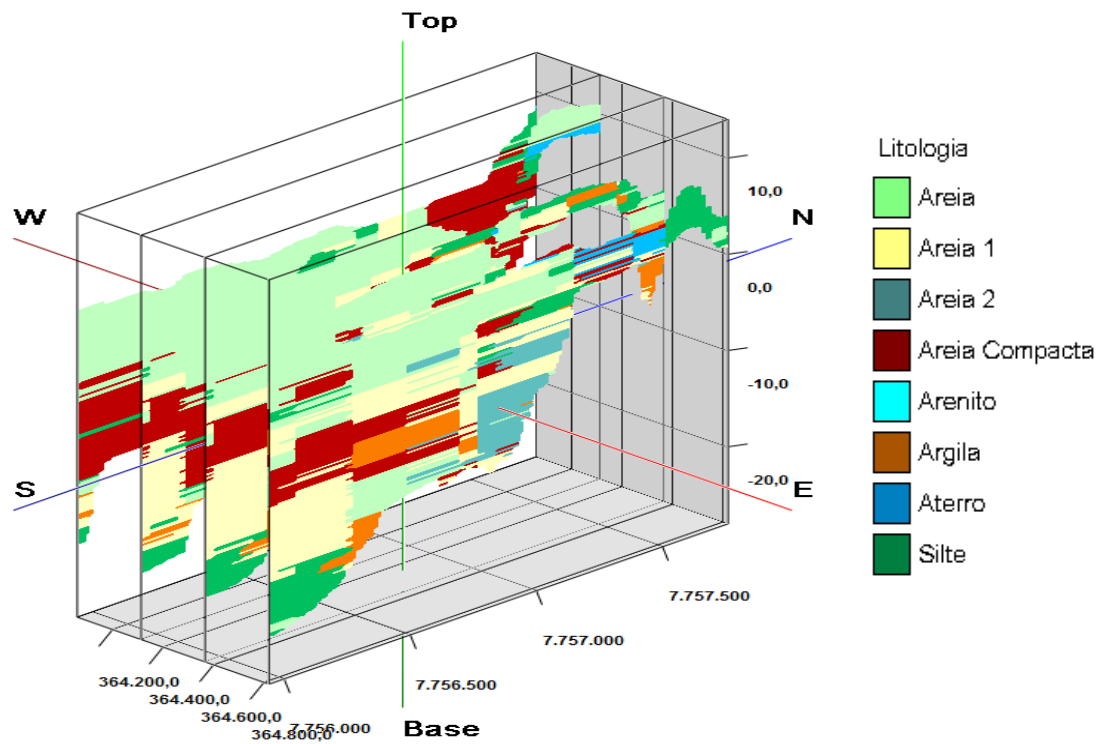
Fonte: Próprio autor

Figura 48 - Vista SW-NE da seção longitudinal do modelo litológico-01



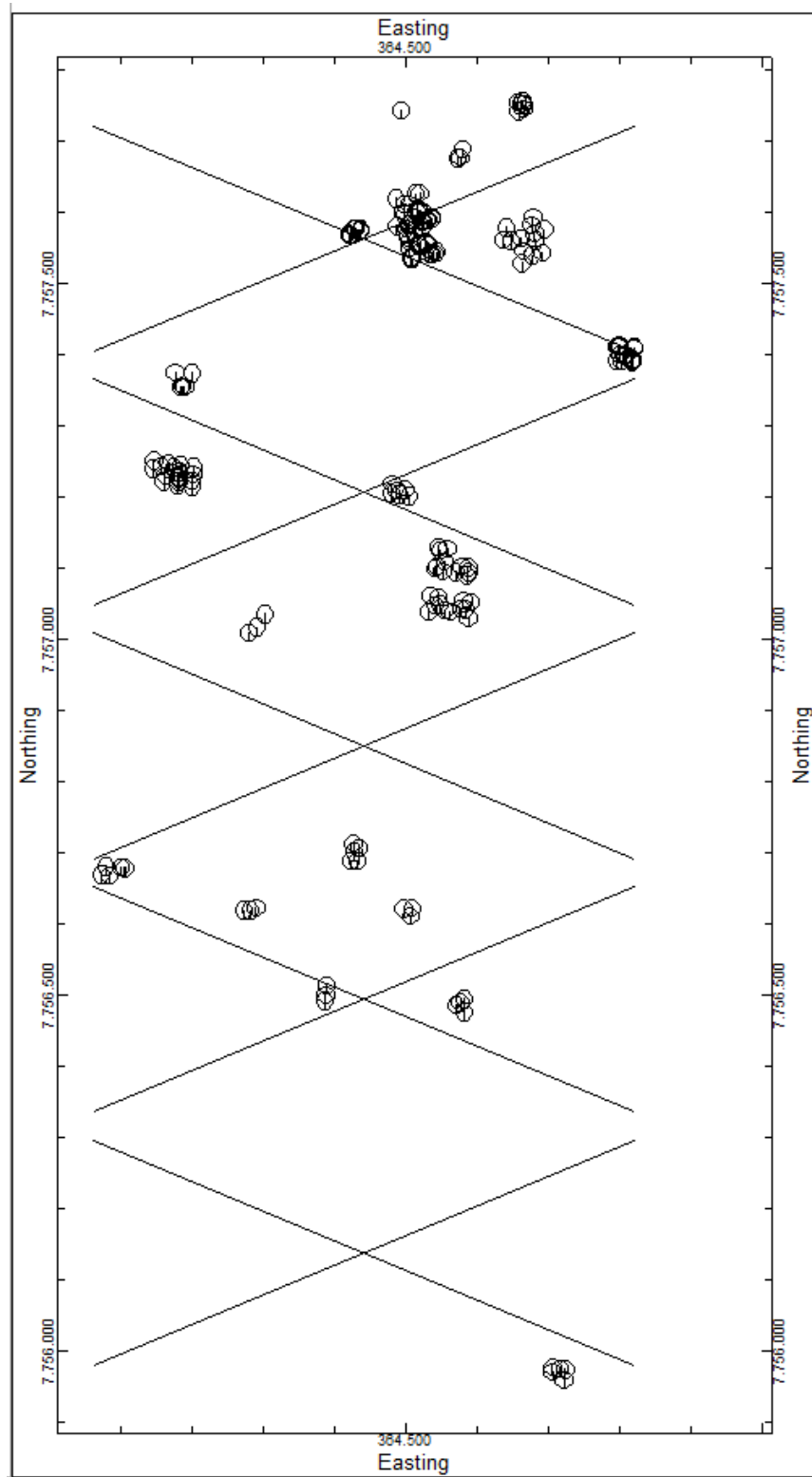
Fonte: Próprio autor

Figura 49 - Vista SE-NE da seção longitudinal do modelo litológico-01



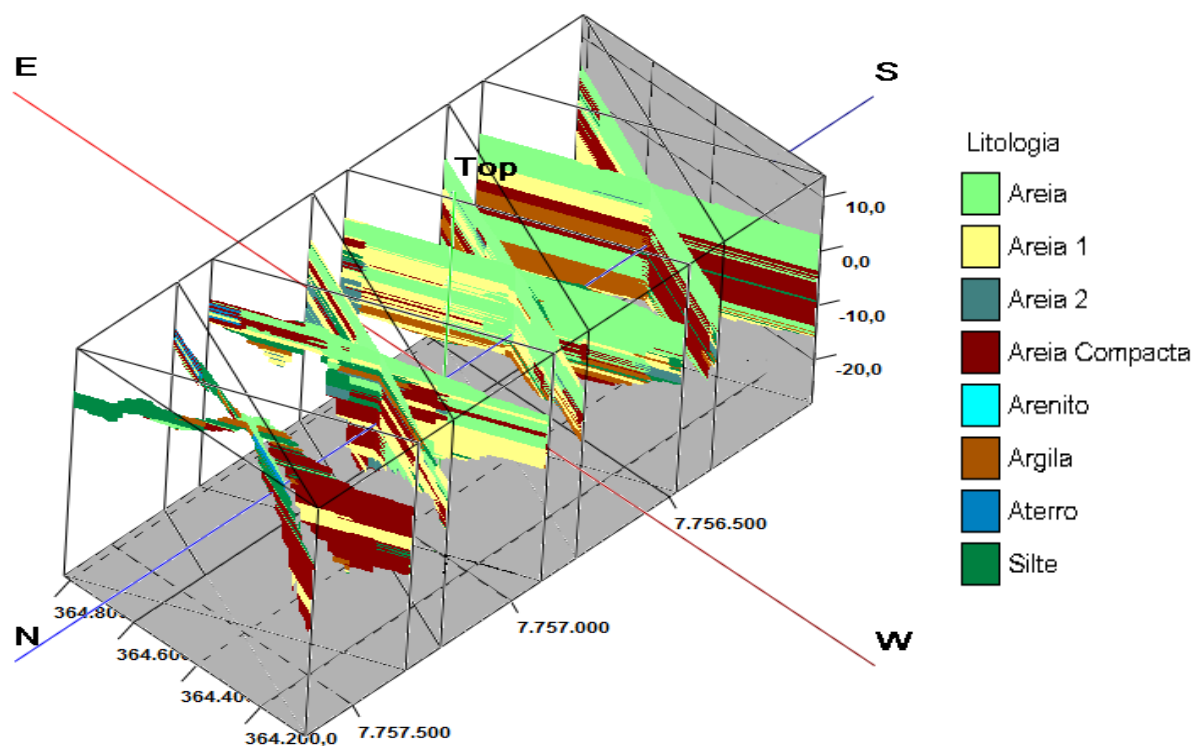
Fonte: Próprio autor

Figura 50 - Localização das seções transversais do modelo litológico-01



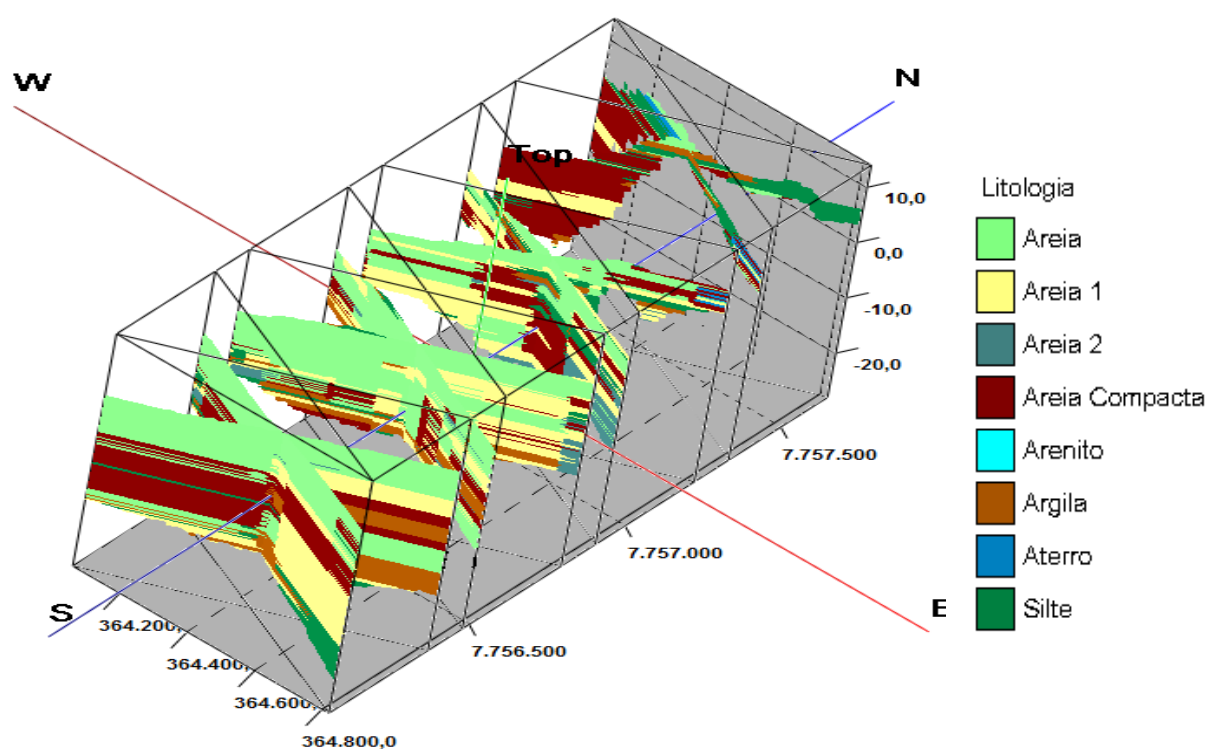
Fonte: Próprio autor

Figura 51 - Vista NW-SE da seção transversal do modelo litológico-01



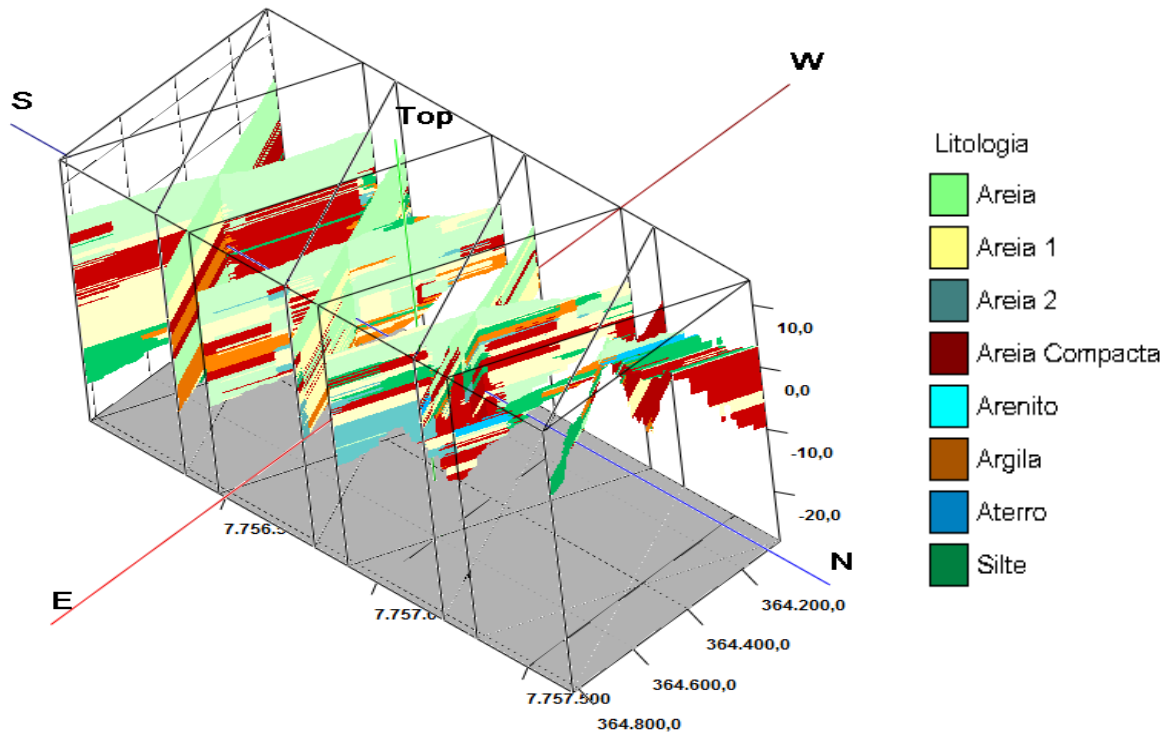
Fonte: Próprio autor

Figura 52 - Vista SE-NW da seção transversal do modelo litológico-01



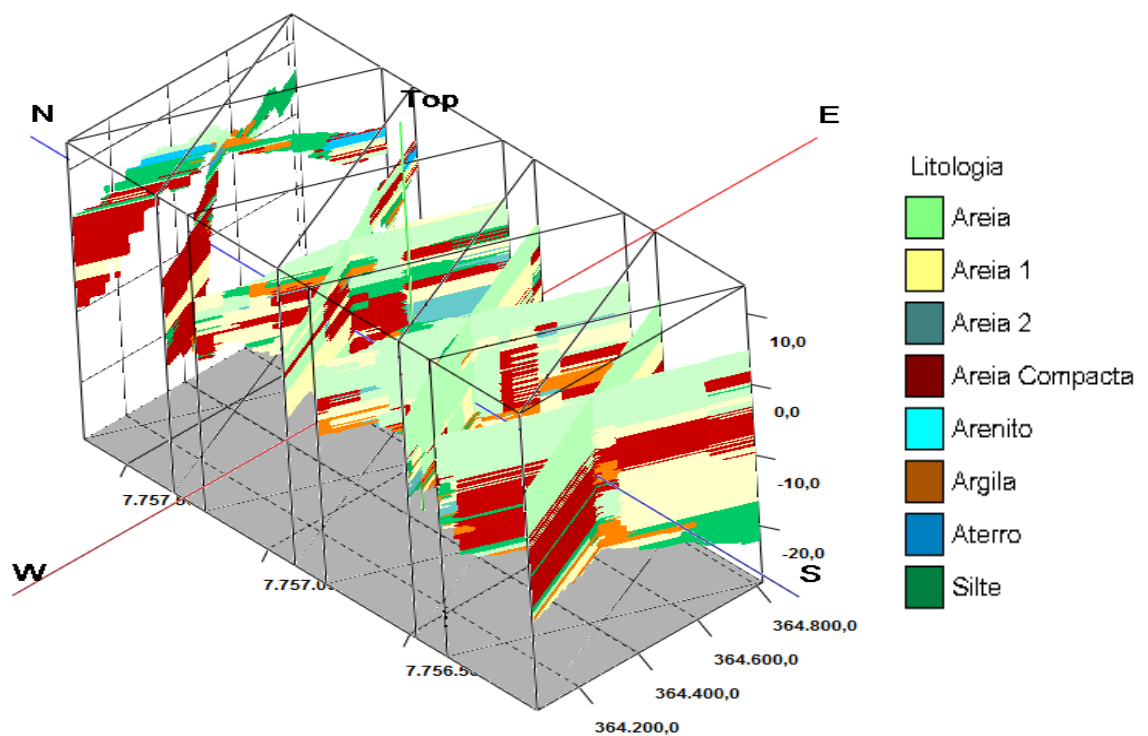
Fonte: Próprio autor

Figura 53 - Vista NE-SW e SW-NE da seção transversal do modelo litológico-01



Fonte: Próprio autor

Figura 54 - Vista NE-SW e SW-NE da seção transversal do modelo litológico-01



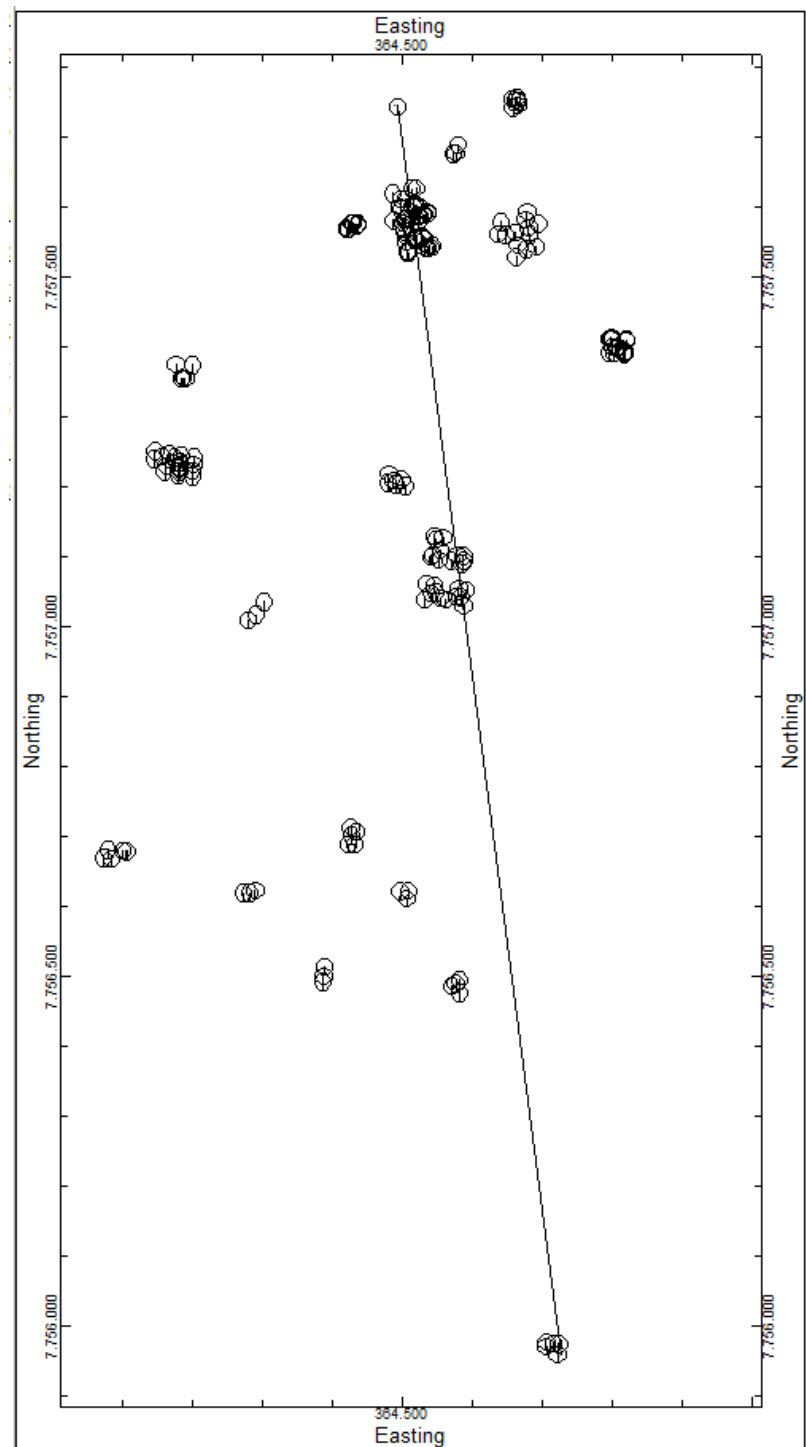
Fonte: Próprio autor

Como mostrado no Capítulo 3 desta dissertação, o principal fator que contribuiu para a formação dos solos sedimentares da região costeira do Brasil foram as variações do nível do mar (transgressão e regressão) ocorrido durante o período quaternário, as sondagens utilizadas para a criação do modelo litológico-01 são aquelas que tem como critério de paralização o impenetrável ao trépano, pode-se observar as informações extraídas do boletim de sondagem que esse critério realmente foi atendido, pois o sondador só parava quando era encontrado o sedimento de decomposição de rocha.

Se observarmos os cortes longitudinais mostrados acima percebe-se que o depósito de silte na região da Mata da Praia é grande, também percebe-se alguns pontos de argila, porém há predominância de silte, fazendo uma ligação dos pontos com as sondagens que foram analisadas percebe-se que todos esses pontos onde parte inicial são camadas de silte, tem-se espessuras de camada que variam de 0 a 2,32m e logo em seguida a sondagem para atingir ao impenetrável. Isso ratifica mais uma vez o modelo gerado com o que encontra-se na carta do CPRM 2013.

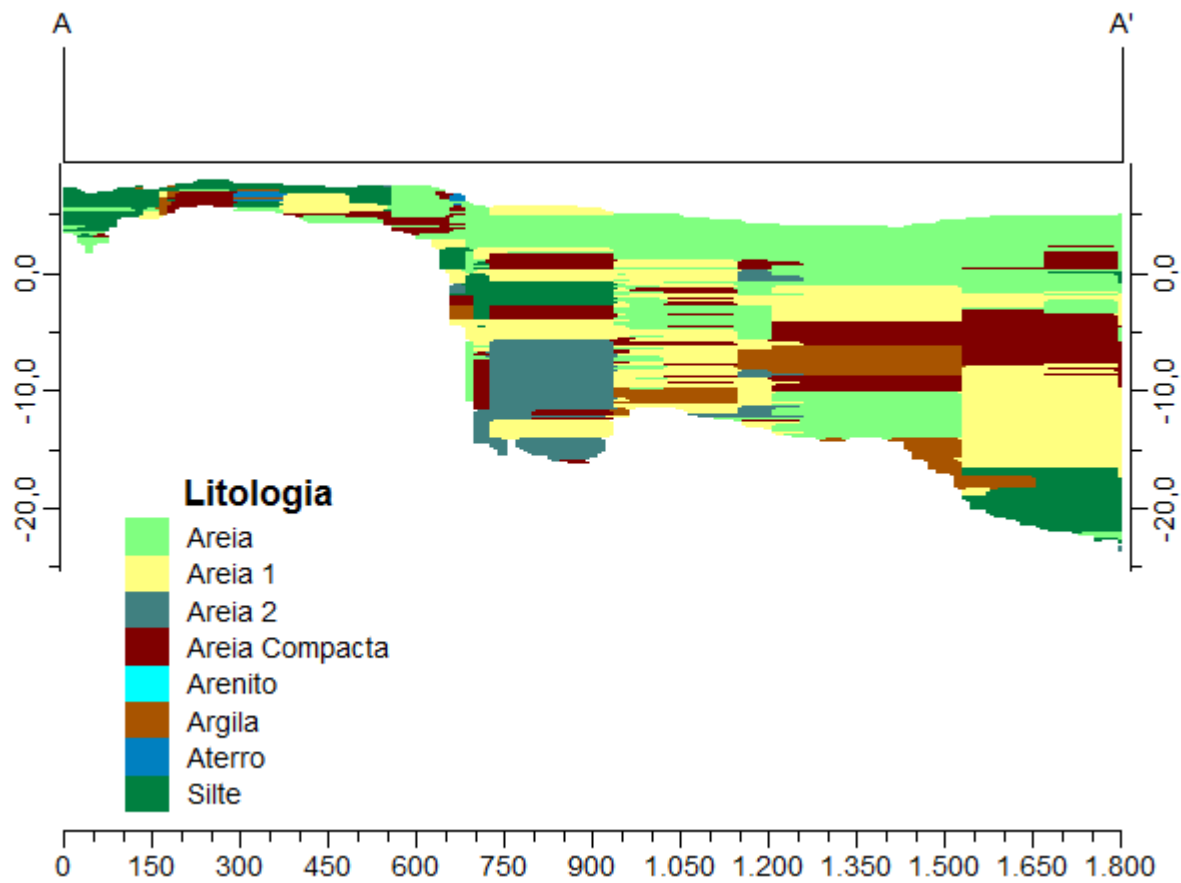
Foram desenvolvidos alguns cortes da seção com o intuito de visualizar melhor esses depósitos de sedimentos de silte e argila e compreender a litologia da área. Os cortes longitudinais em três dimensões ficam menos representativos, portanto consegue-se visualizar a litologia através dos cortes e imagens 55 a 68. Para esse caso foi feita uma distorção vertical das camadas em Z de 20 vezes.

Figura 55 - Mapa de localização do caminhamento seção A-A01'



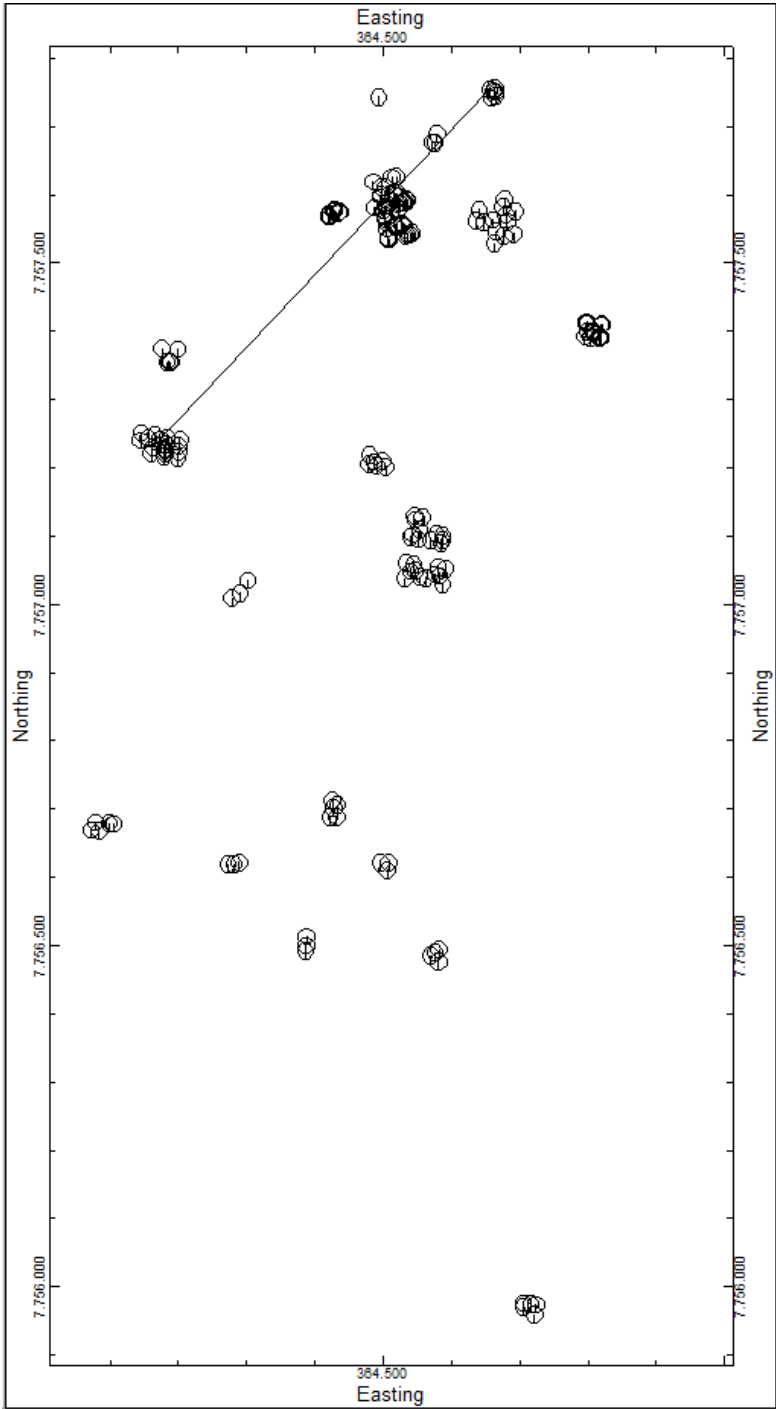
Fonte: Próprio autor

Figura 56 - Seção A-A01'



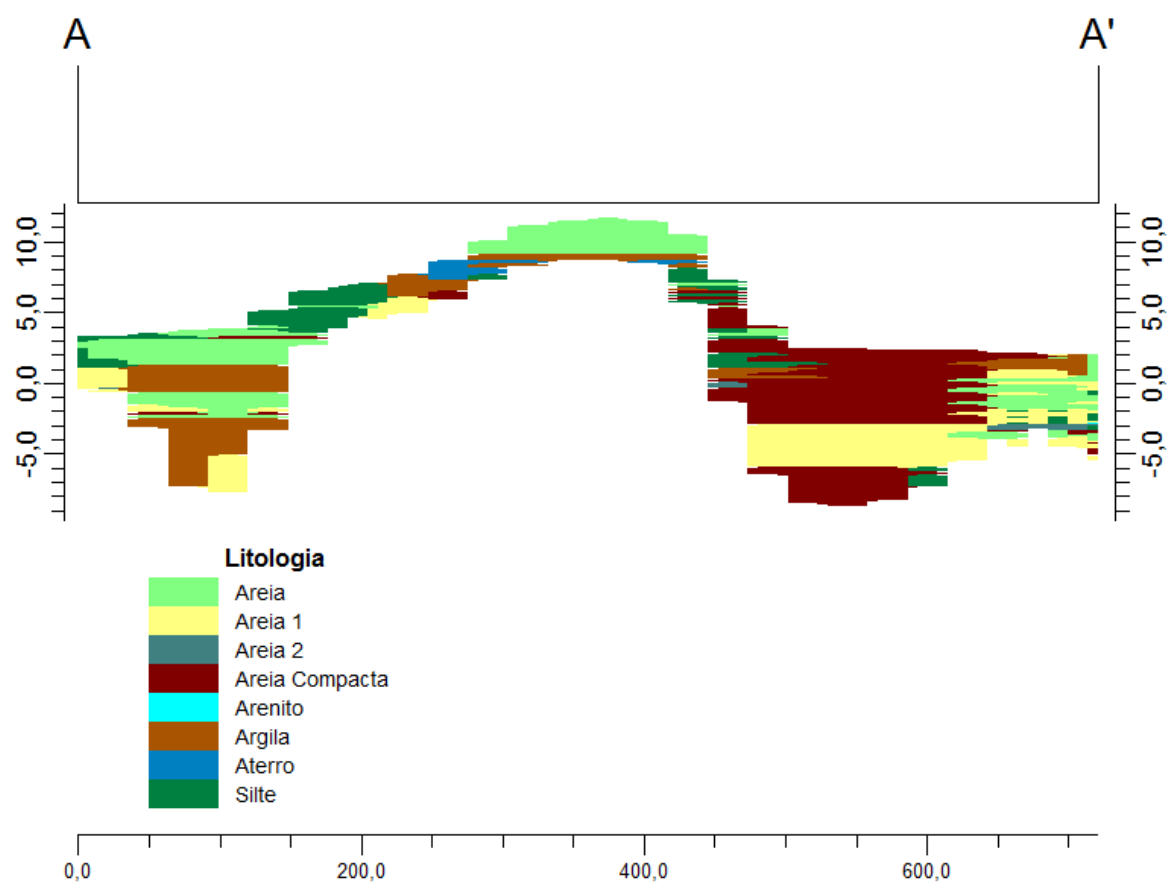
Fonte: Próprio autor

Figura 57 - Mapa de localização do caminhamento seção A-A02'



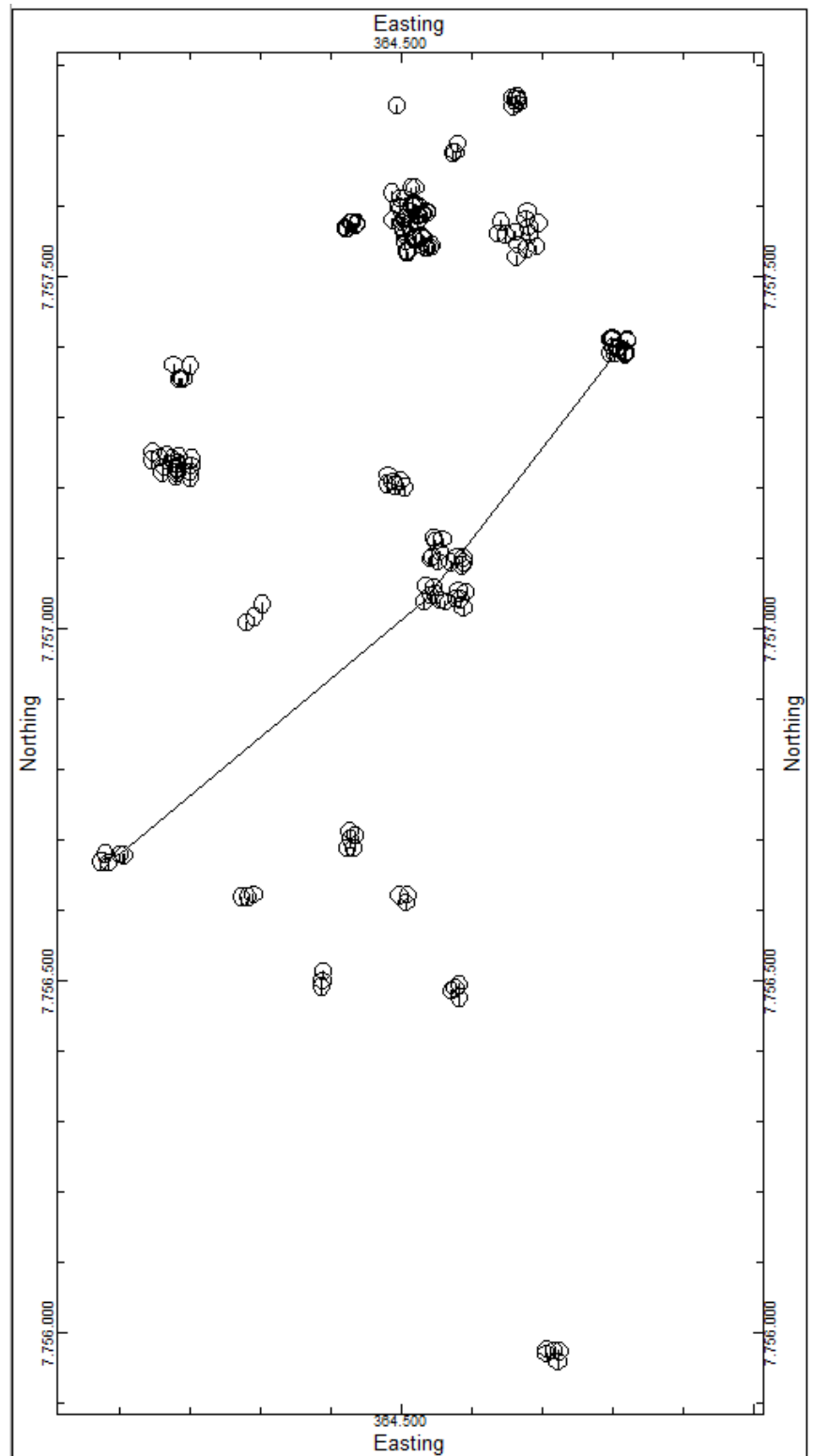
Fonte: Próprio autor

Figura 58 - Seção A-A02'



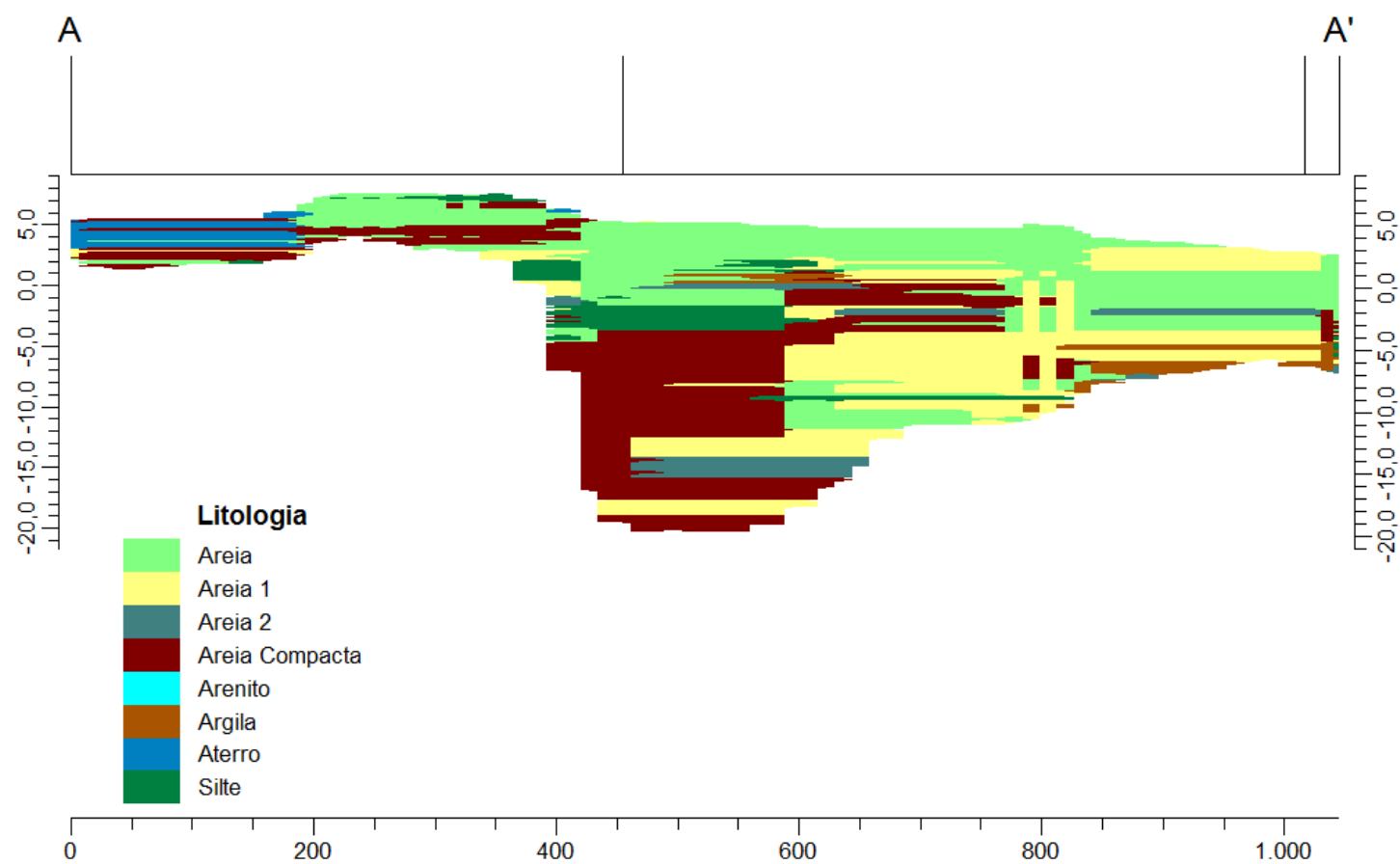
Fonte: Próprio autor

Figura 59 - Mapa de localização do caminhamento seção A-A03'



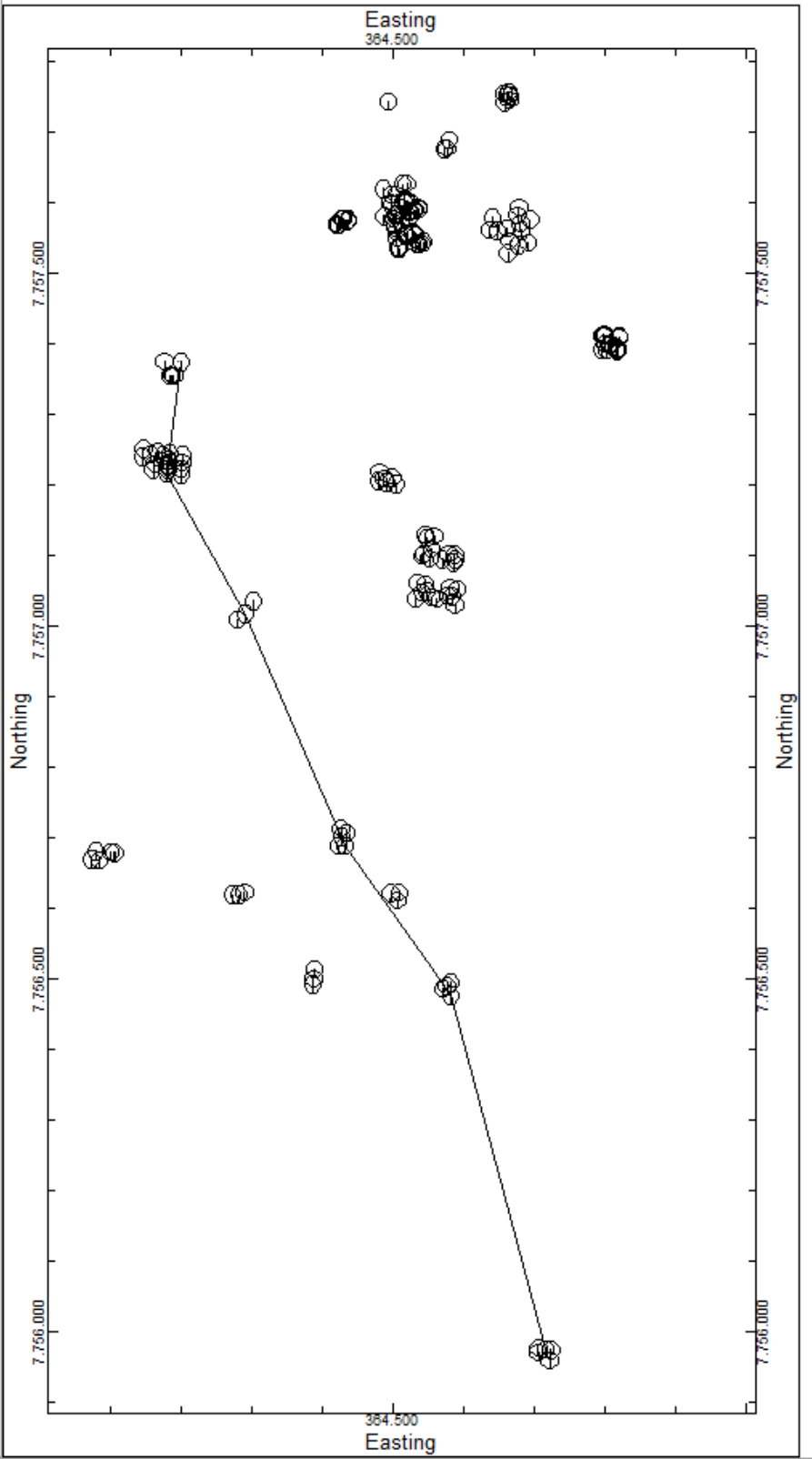
Fonte: Próprio autor

Figura 60 - Seção A-A03'



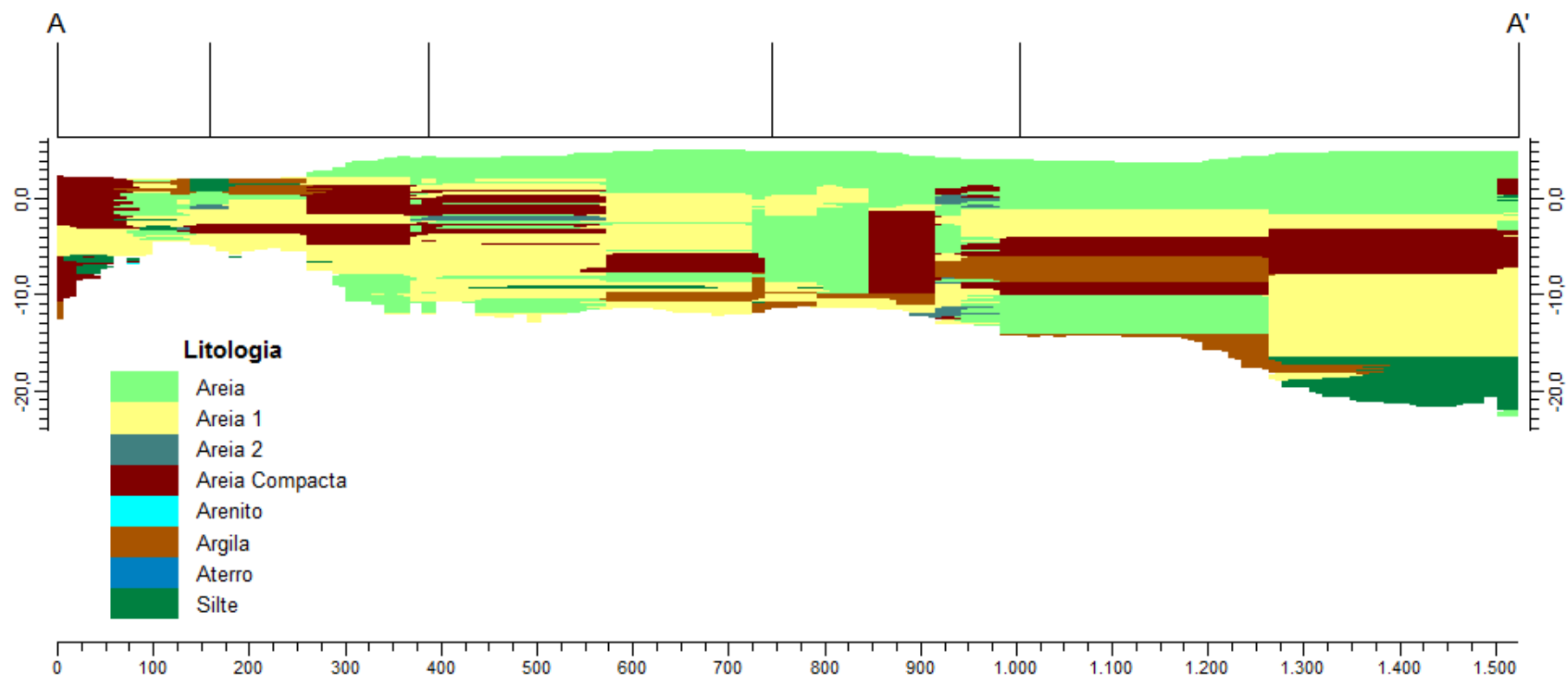
Fonte: Próprio autor.

Figura 61 - Mapa de localização do caminhamento seção A-A04'



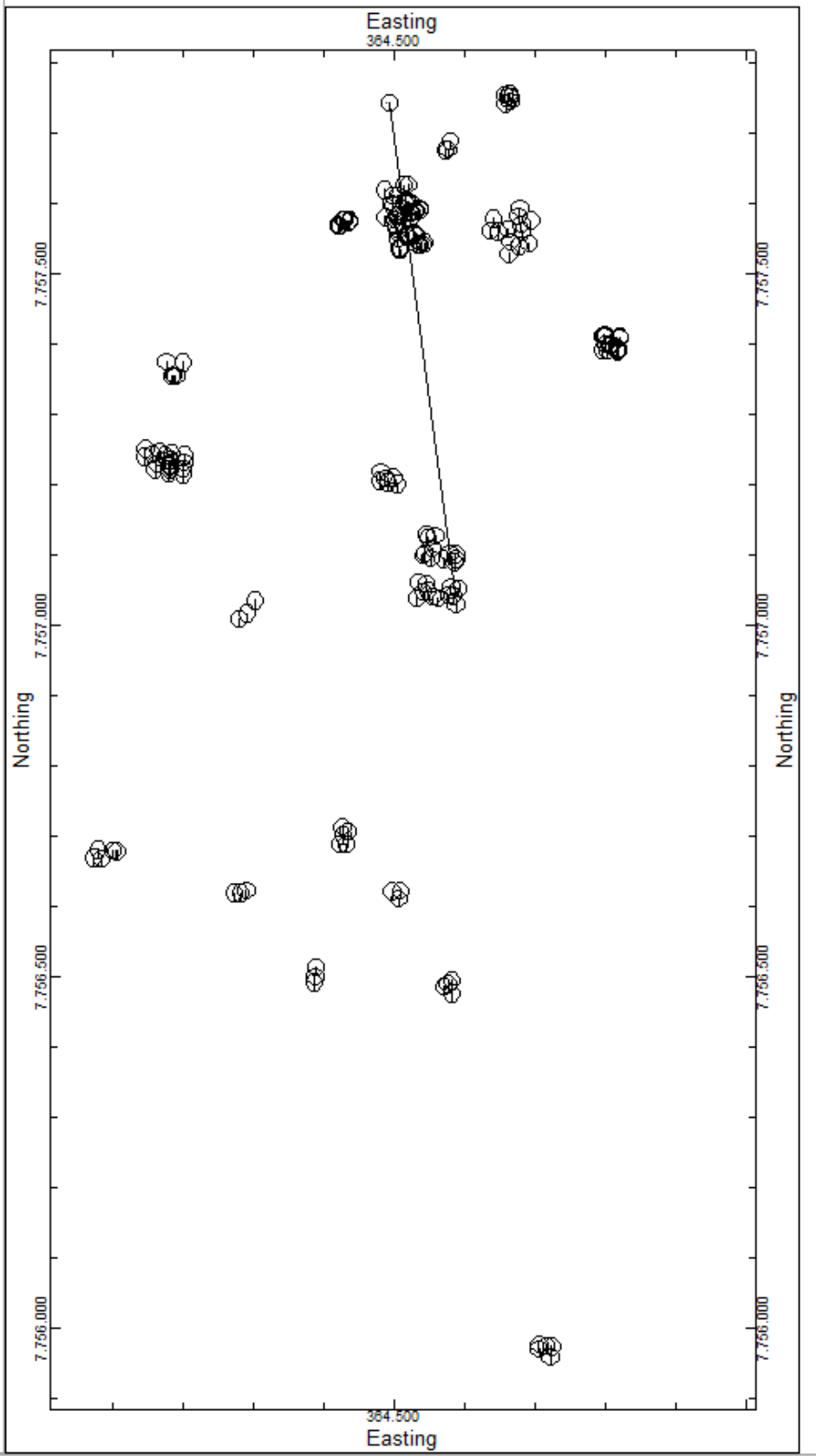
Fonte: Próprio autor.

Figura 62 - Seção A-A04'



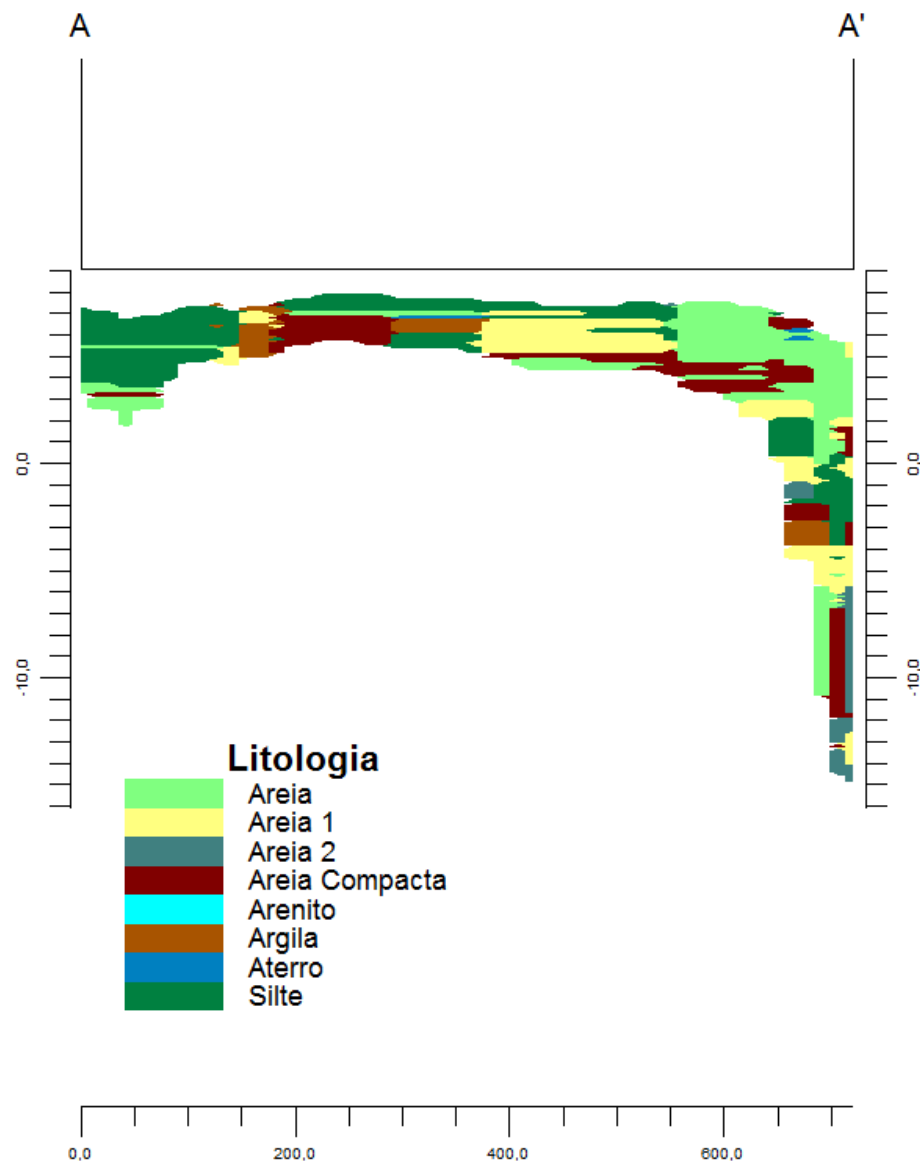
Fonte: Próprio autor.

Figura 63 - Mapa de localização do caminhamento seção A-A05’



Fonte: Próprio autor.

Figura 64 - Seção A-A05'



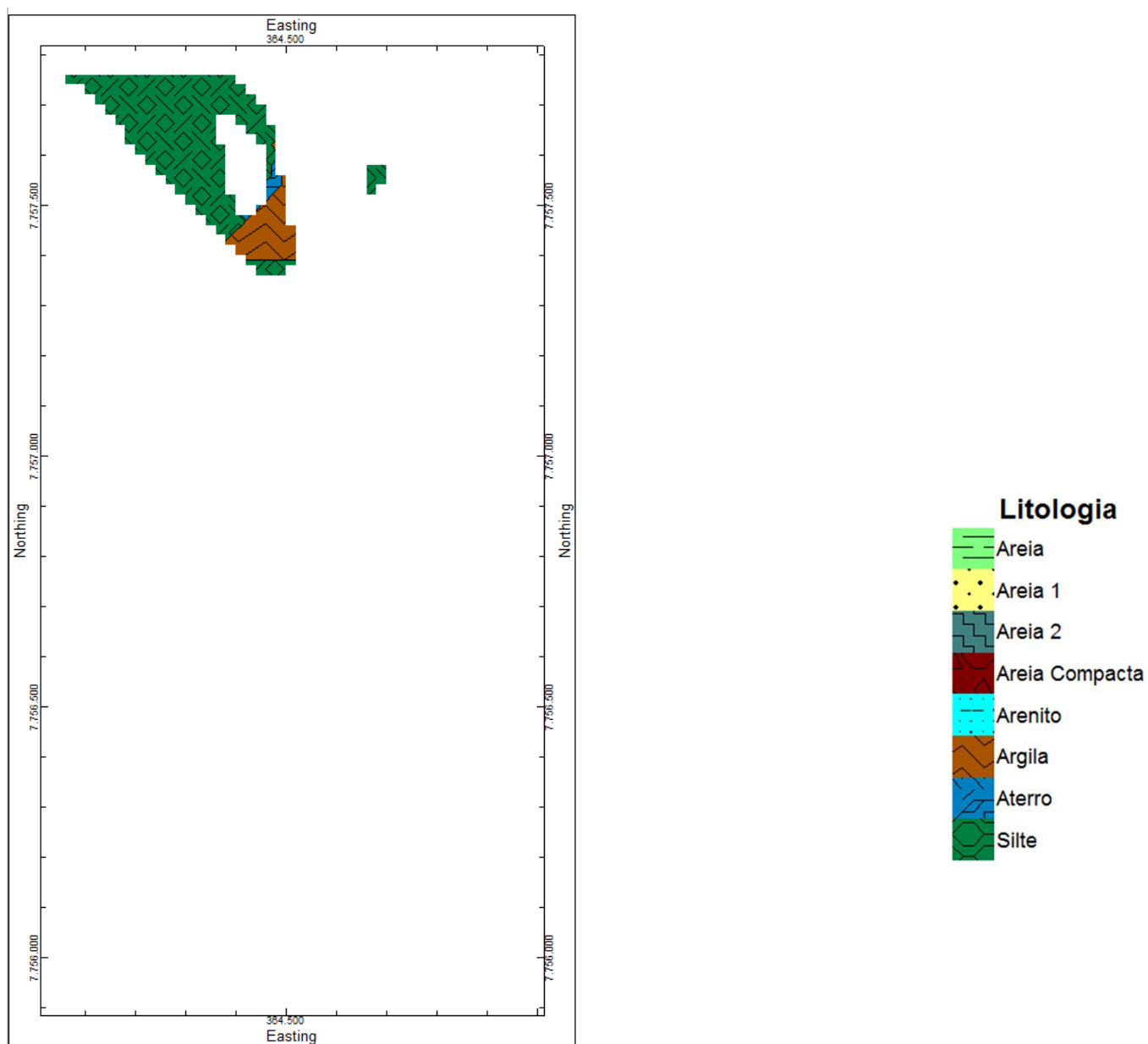
Fonte: Próprio autor.

A partir dos cortes gerados, percebe-se através da imagem 64 um mergulho no modelo litológico, essa região do corte citado é o entorno do Parque Pedra da Cebola, onde temos diversos afloramentos, o que comprovamos através da imagem citada. Na Figura 62 já podemos perceber que a região possui camadas de sedimentos mais extensas, região onde não temos afloramentos, esses pontos de sondagens abrangem a região de Jardim da Penha.

Através do *software* foi possível criar seções de cortes horizontais no modelo, a cada metro de profundidade (definido pelo usuário), para uma melhor compreensão do modelo. Foram estudadas as seguintes profundidade: $z=8$; $z=4$; $z=0$; $z=-4$; $z=-8$; $z=-12$; $z=-16$ e $z=-20$, esses dados foram escolhidos para comprovar a presença da argila em camadas mais profundas e também comprovar que próximo a locais onde as sondagens chegavam ao impenetrável existem camadas expeças de material de compacidade mole à rija. Essas imagens serão melhor visualizadas no modelo estratigráfico.

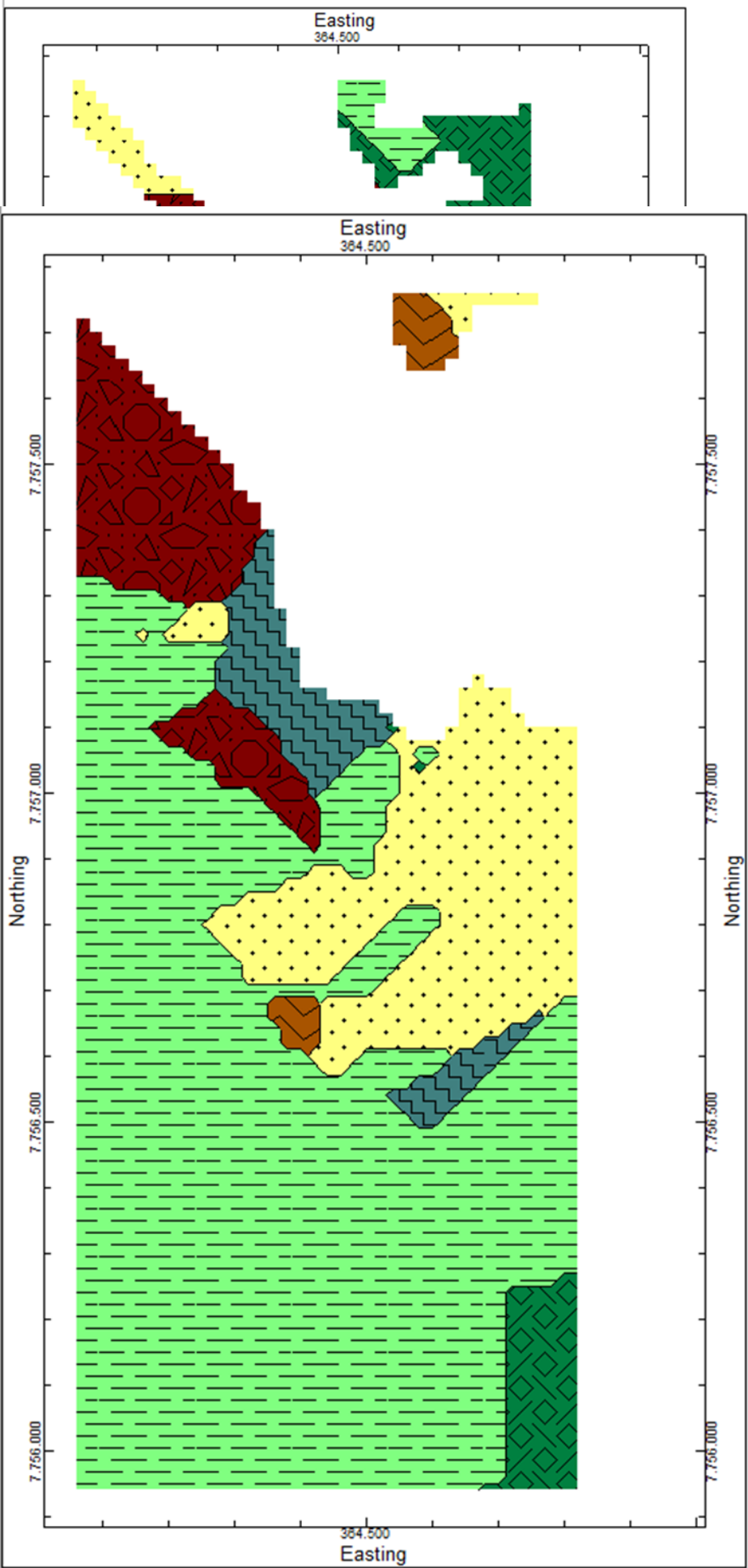
As a seguir identificam os cortes horizontal do modelo litológico nas cotas especificadas.

Figura 65 - Seção horizontal do modelo litológico-01 na conta $Z=8$



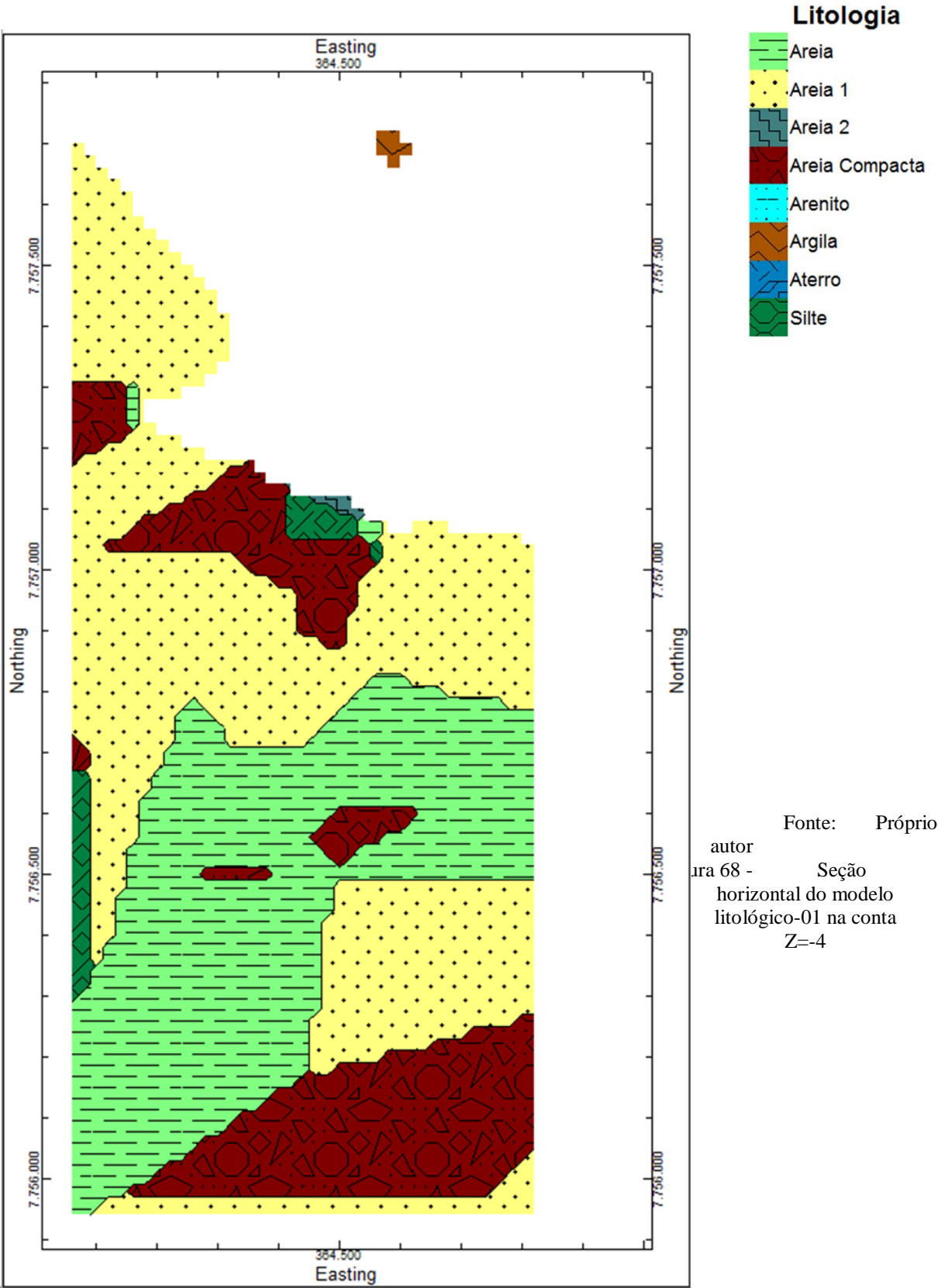
Fonte: Próprio autor

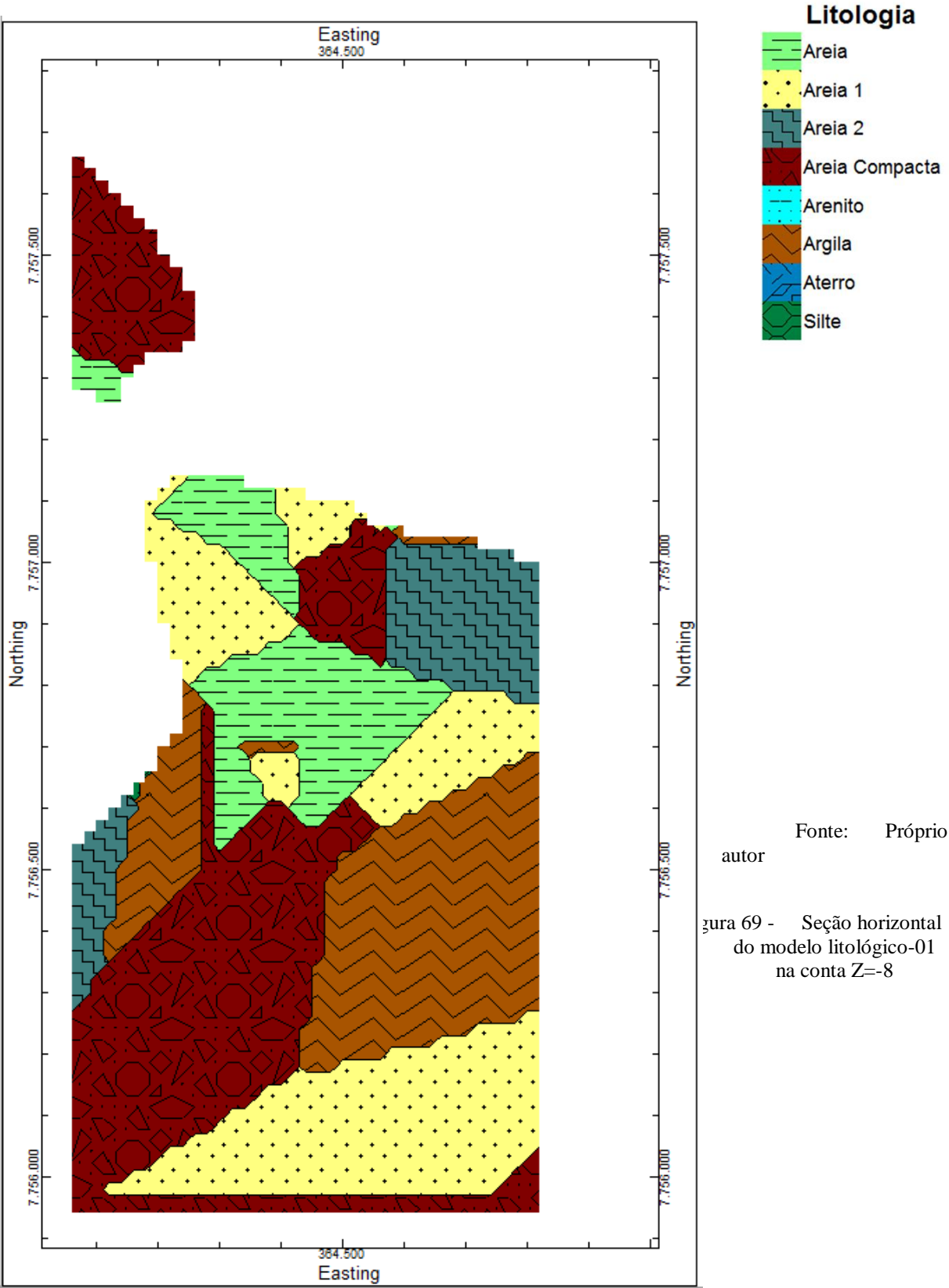
Figura 66 - Seção horizontal do modelo litológico-01 na conta Z=4

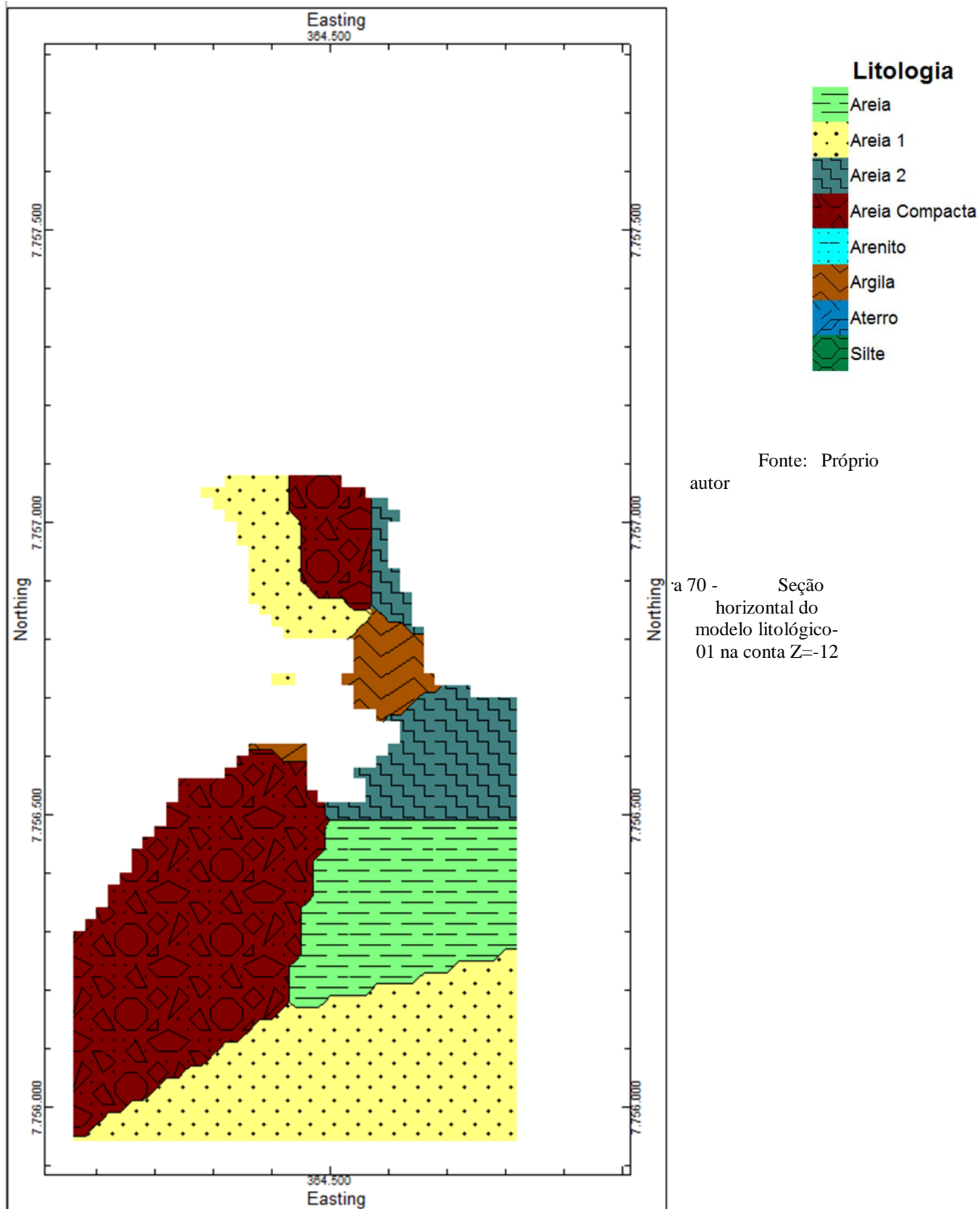


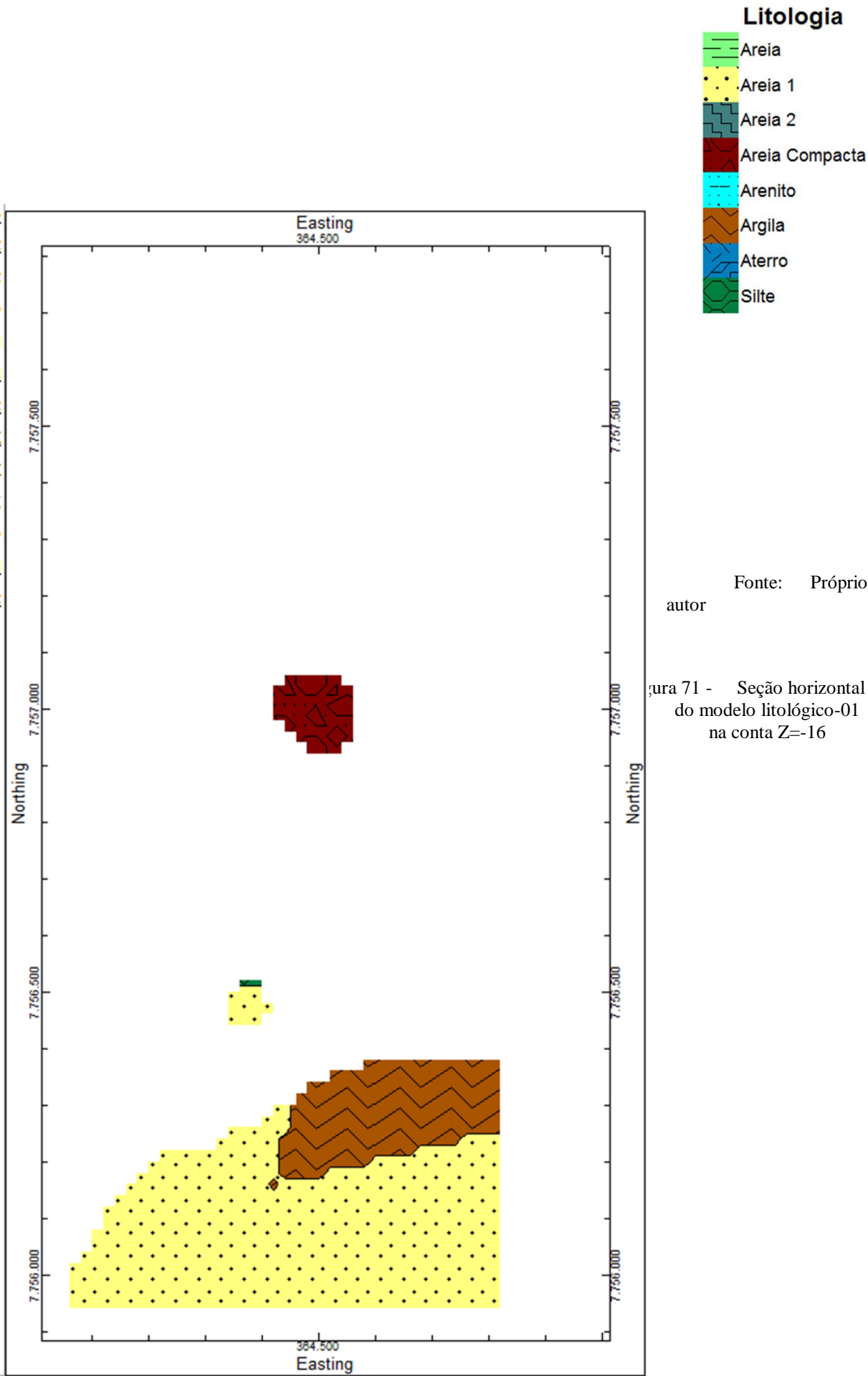
Fonte: Próprio autor

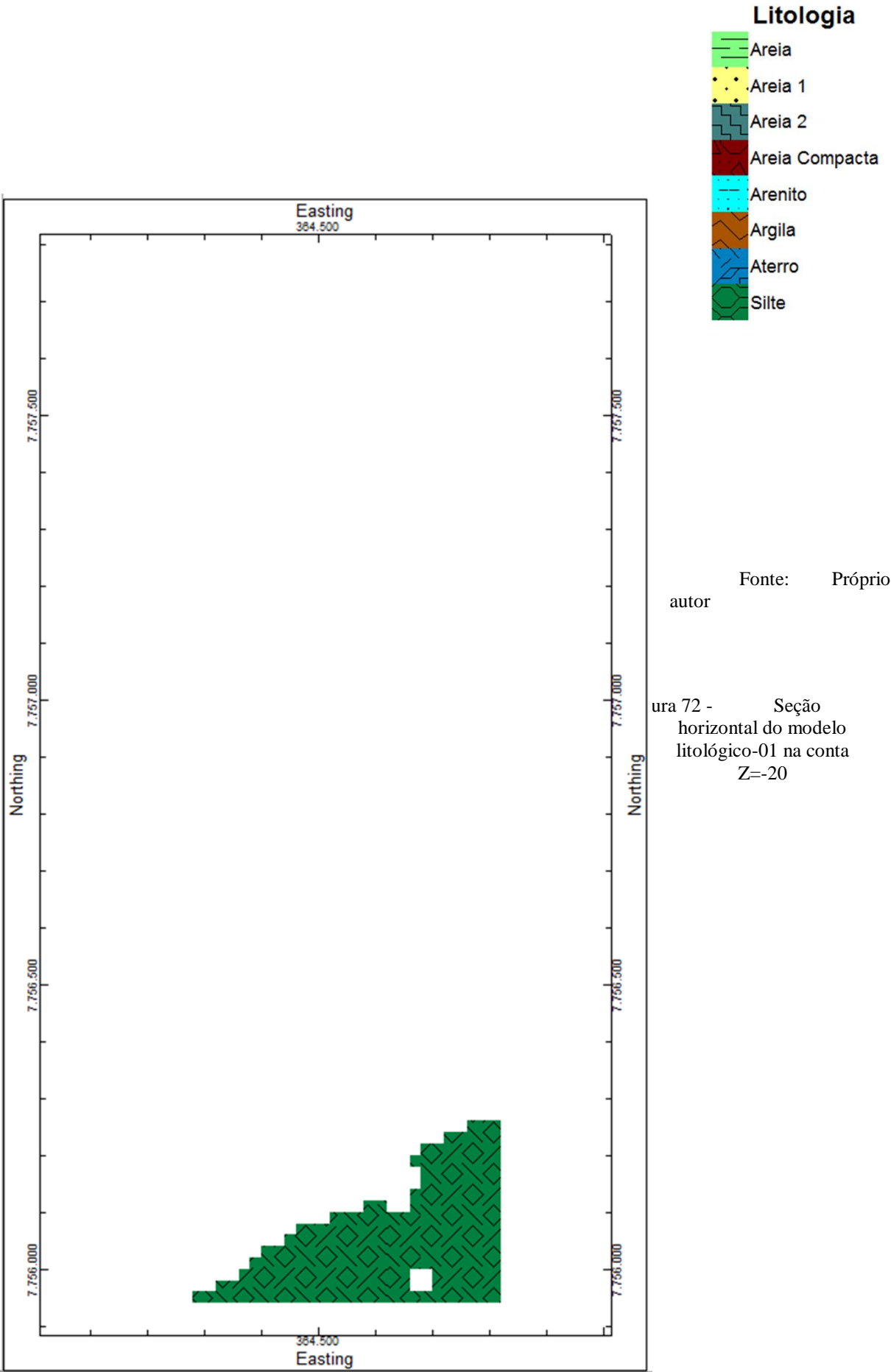
Figura 67 - Seção horizontal do modelo litológico-01 na conta Z=0

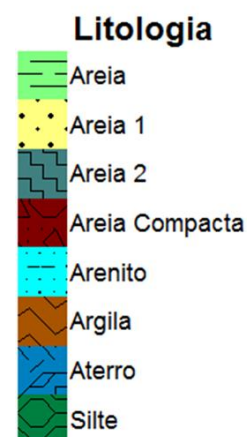










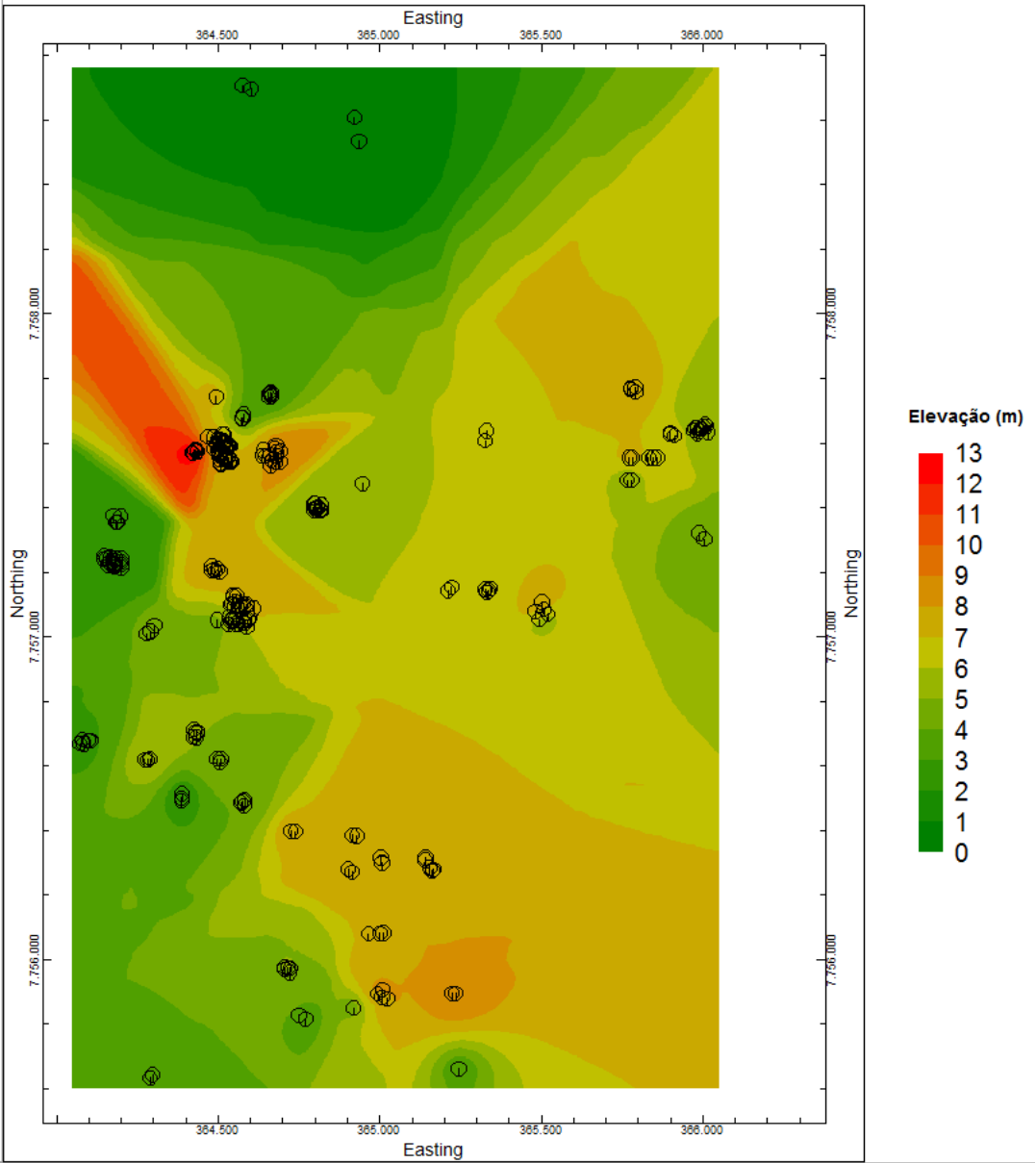


Fonte: Próprio autor

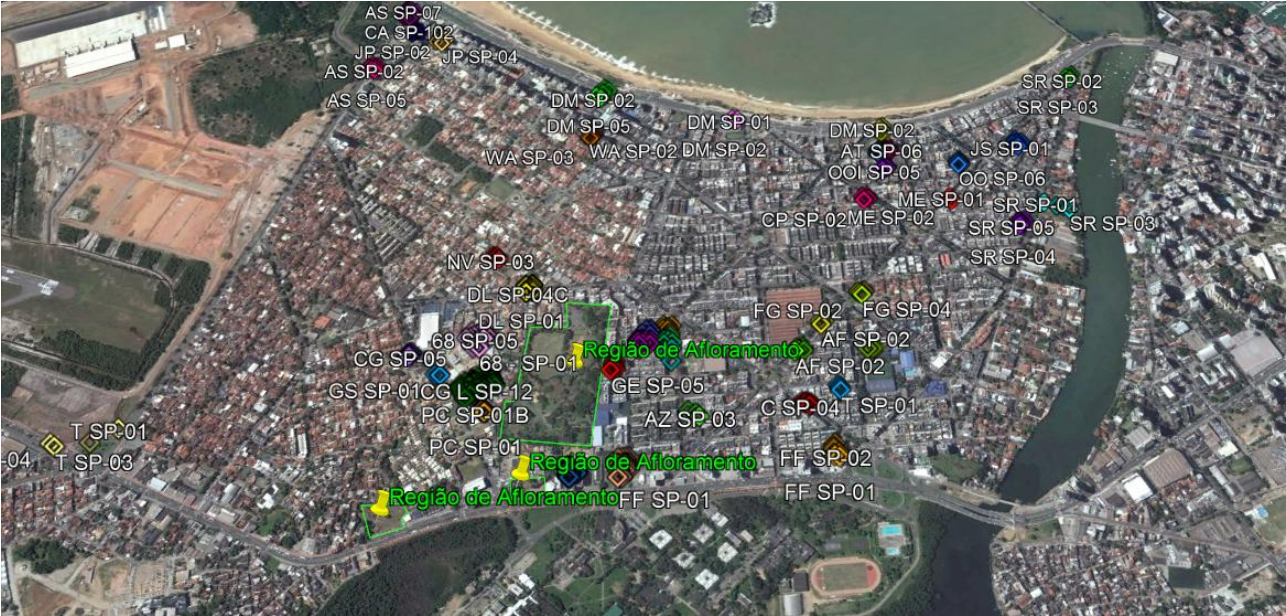
Com os cortes realizados nas profundidades especificadas acima conseguiu-se comparar o modelo gerado ao modelo desenvolvido por Castello e Polido em 1986 e ratificar a semelhança entre os mesmos. A visualização em 2D torna o modelo mais representativo em relação as suas camadas, conseguindo dessa maneira representar de forma mais fidedigna a litologia da região.

Após gerar esses modelos com as sondagens chegando ao impenetrável ao trépano, foi realizado o mesmo estudo incluindo ao modelo anterior os boletins de sondagens paralisadas pelo cliente (litologia-02), A figura 73 mostra os pontos distribuídos. Para uma melhor compreensão da área aqui exposta a figura 74 nos mostra onde temos os afloramentos na região.

Figura 73 - Disposição das sondagens na área de estudo

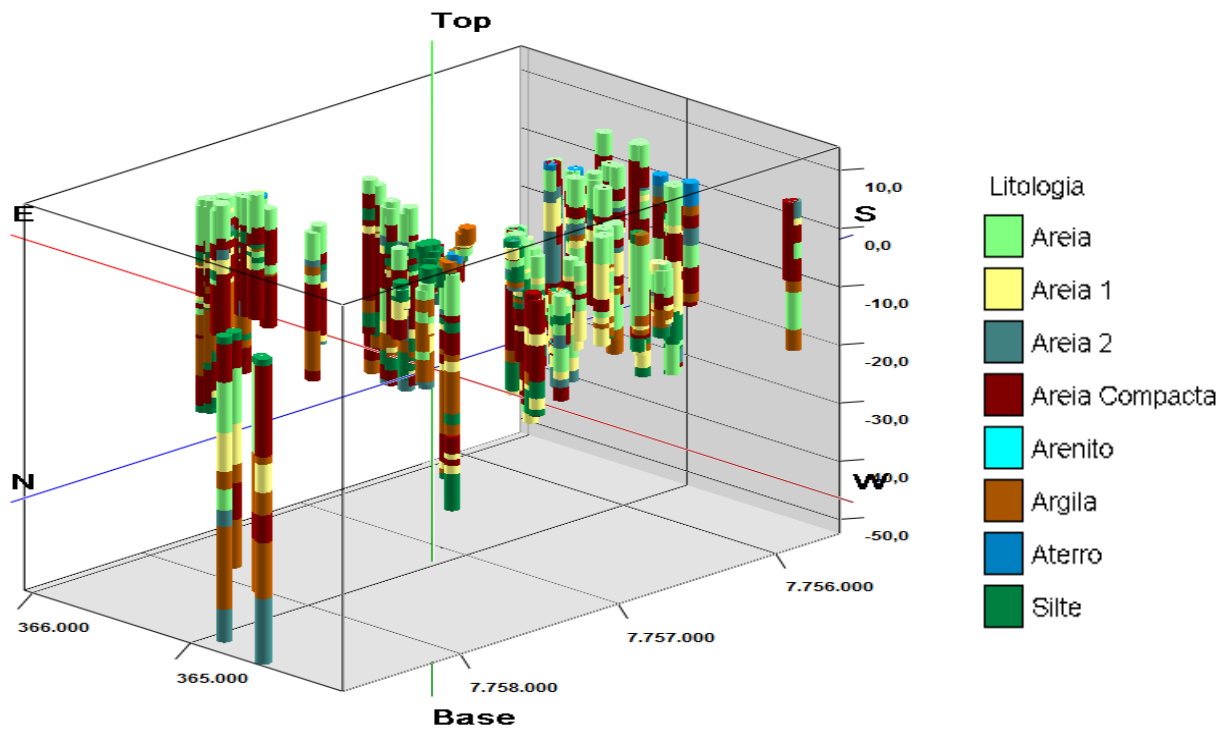


Fonte: Próprio autor
Figura 74 - Área com a delimitação das áreas de afloramento da região



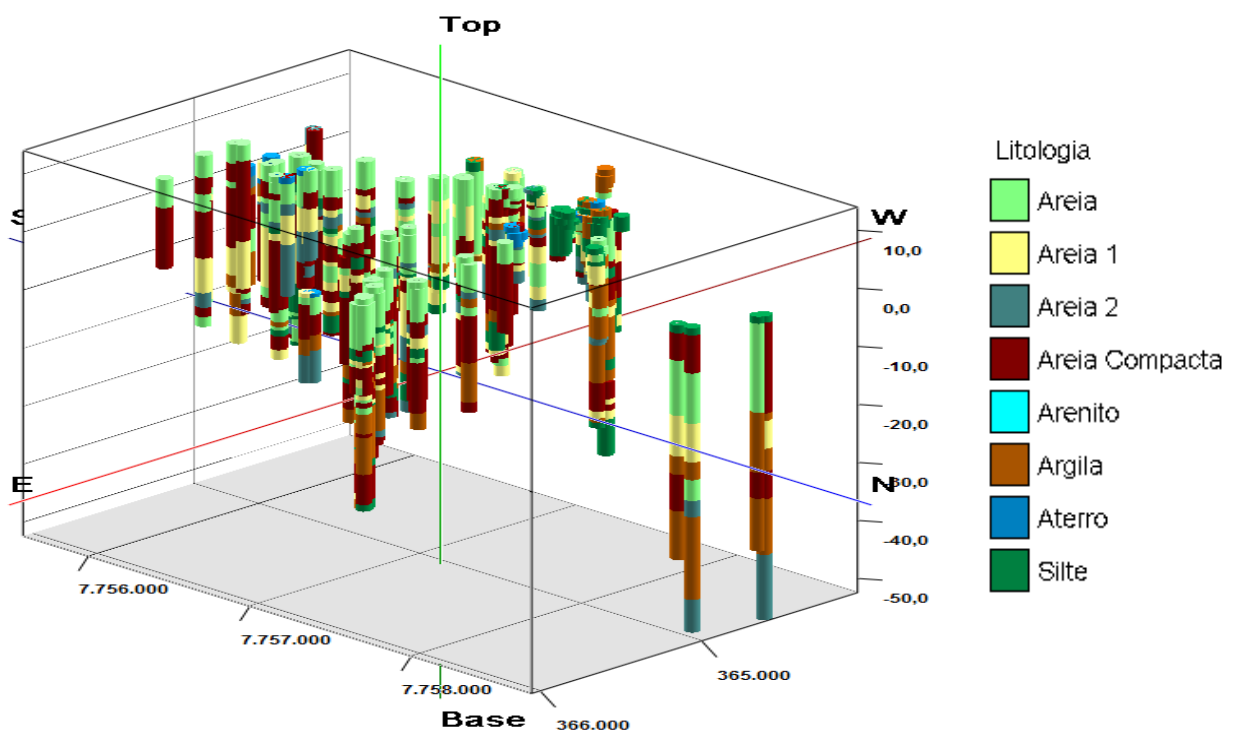
Fonte: Modificado do *Google Earth*

Figura 75 - Vista NW-SE da disposição tridimensional das sondagens



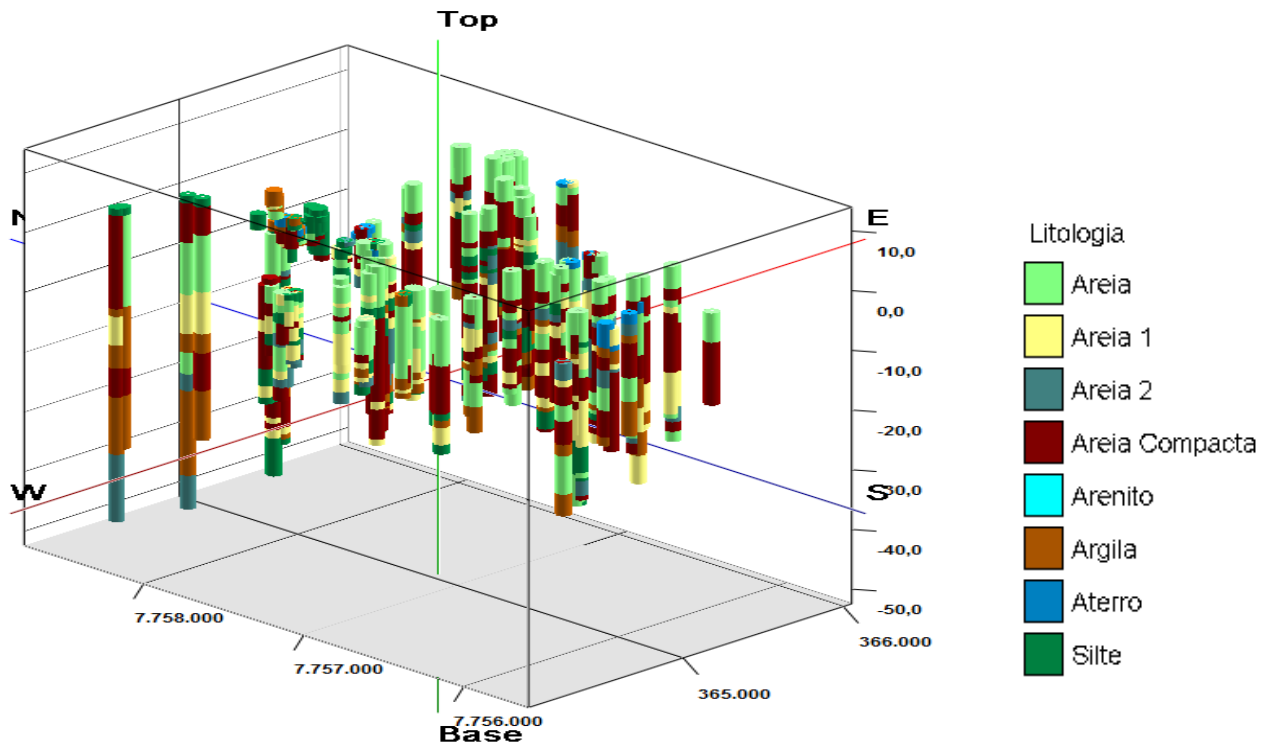
Fonte: Próprio autor

Figura 76 - Vista NE-SW da disposição tridimensional das sondagens



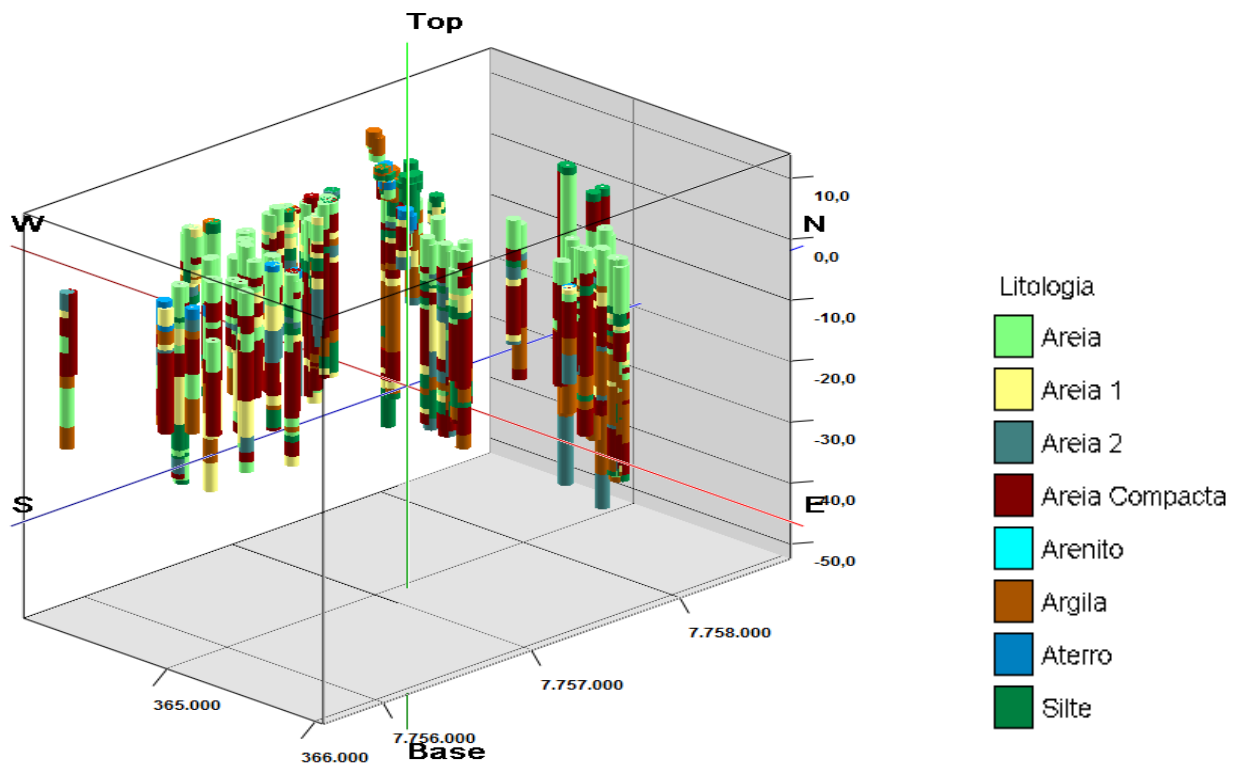
Fonte: Próprio autor

Figura 77 - Vista SW-NE da disposição tridimensional das sondagens



Fonte: Próprio autor

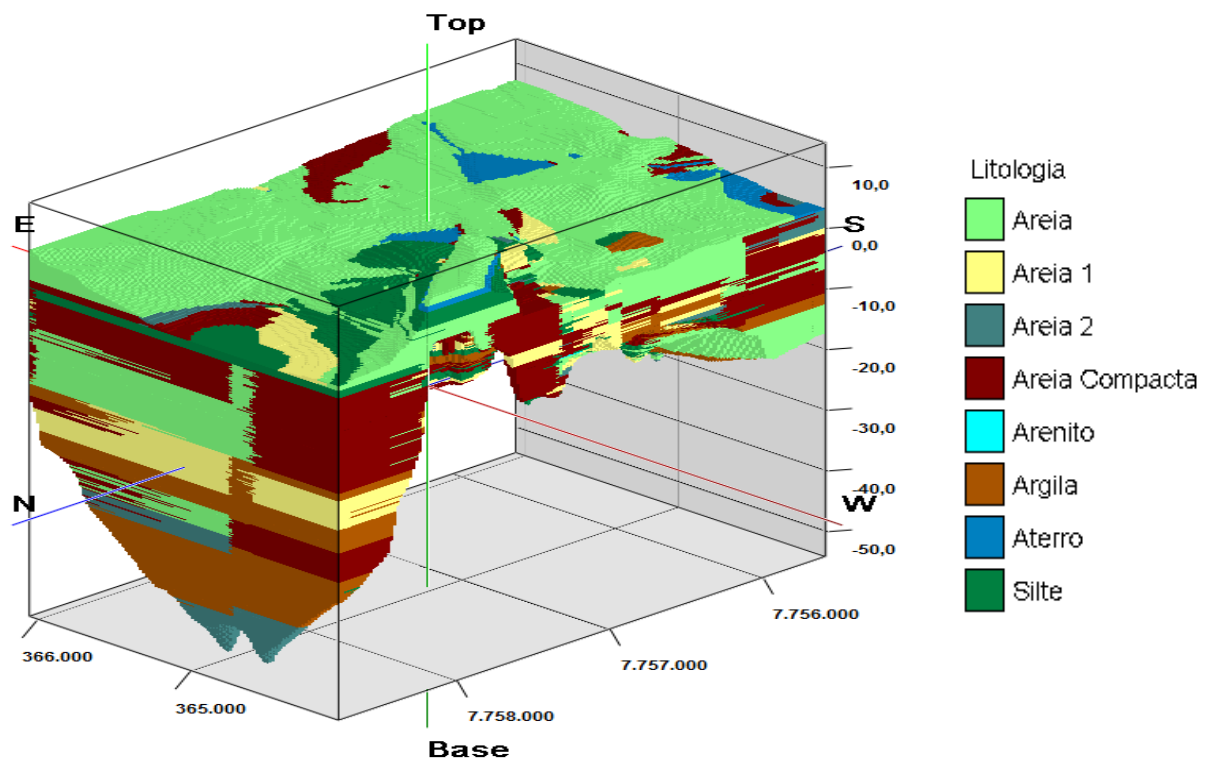
Figura 78 - Vista NE-SW da disposição tridimensional das sondagens



Fonte: Próprio autor

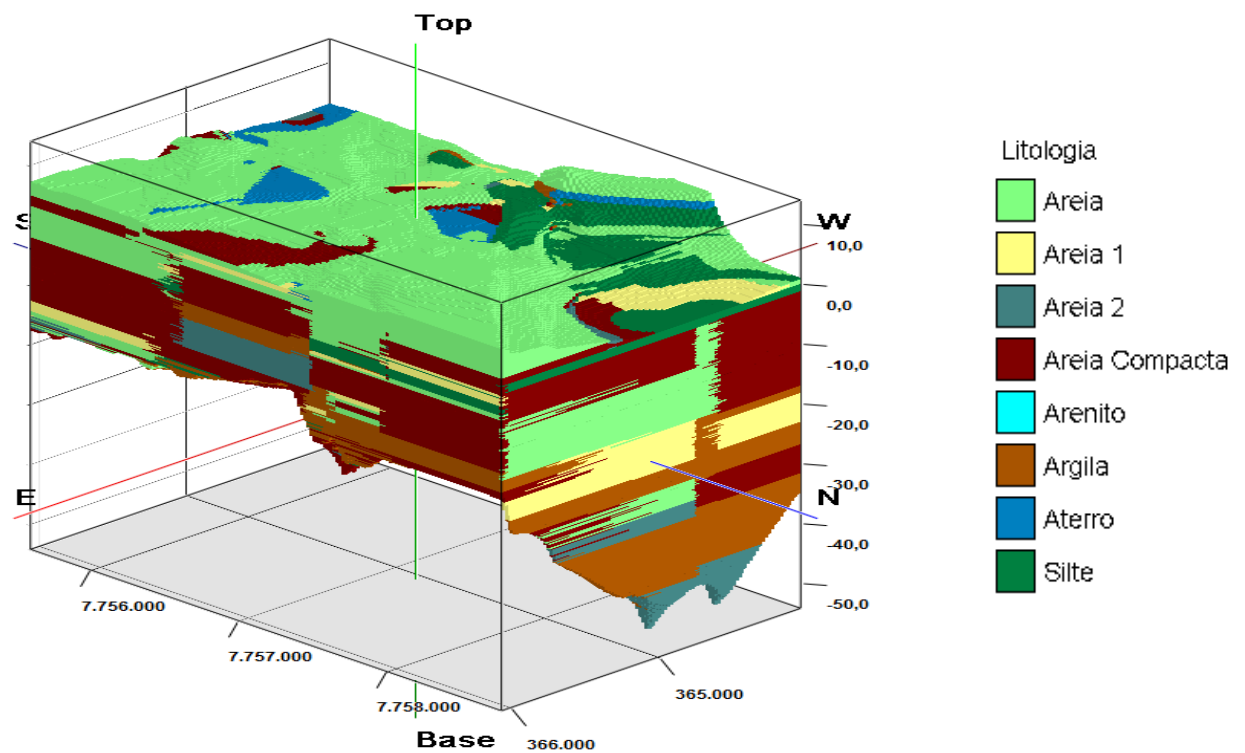
Para esse modelo, a área de distribuição das sondagens é bem maior comparada à área em que as sondagens chegaram ao impenetrável ao trépano, depois de diversas tentativas o espaçamento para gerar um modelo litológico mais representativo foi o mesmo adotado anteriormente de 20 metros para o eixo X e Y e 0,2 metros para o eixo z, porém o tempo de processamento para gerar o modelo foi maior que o esperado. O modelo pode ser observado na figura 79 a 82.

Figura 79 - Modelo litológico-02 com vista NW-SE



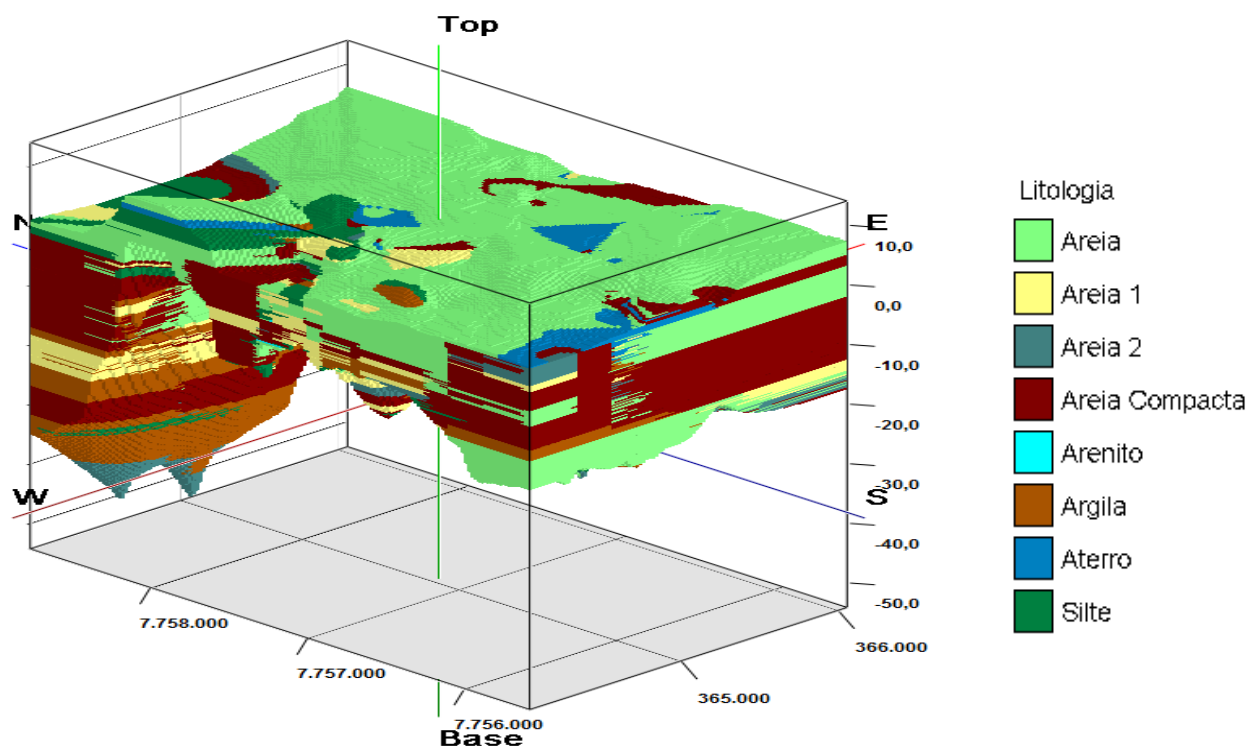
Fonte: Próprio autor

Figura 80 - Modelo litológico-02 com vista NW-SE



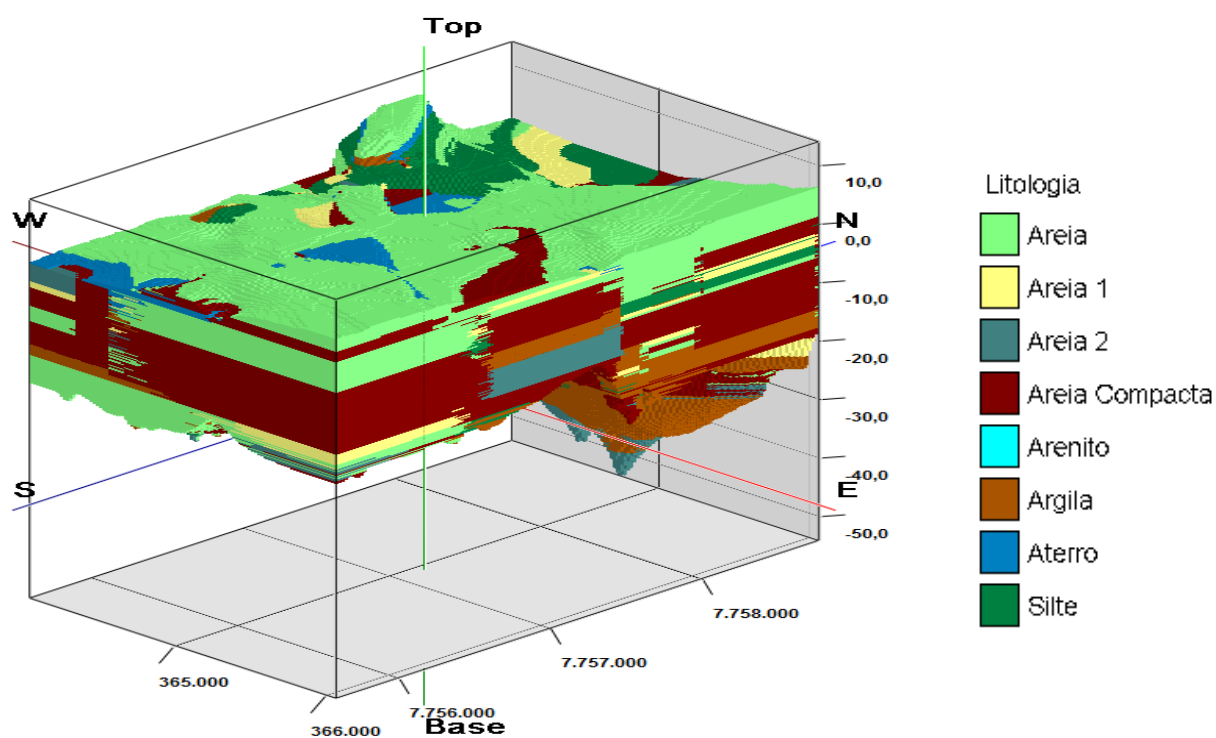
Fonte: Próprio autor

Figura 81 - Modelo litológico-02 com vista SW-NE do modelo litológico



Fonte: Próprio autor

Figura 82 - Modelo litológico-02 com vista SE-NW



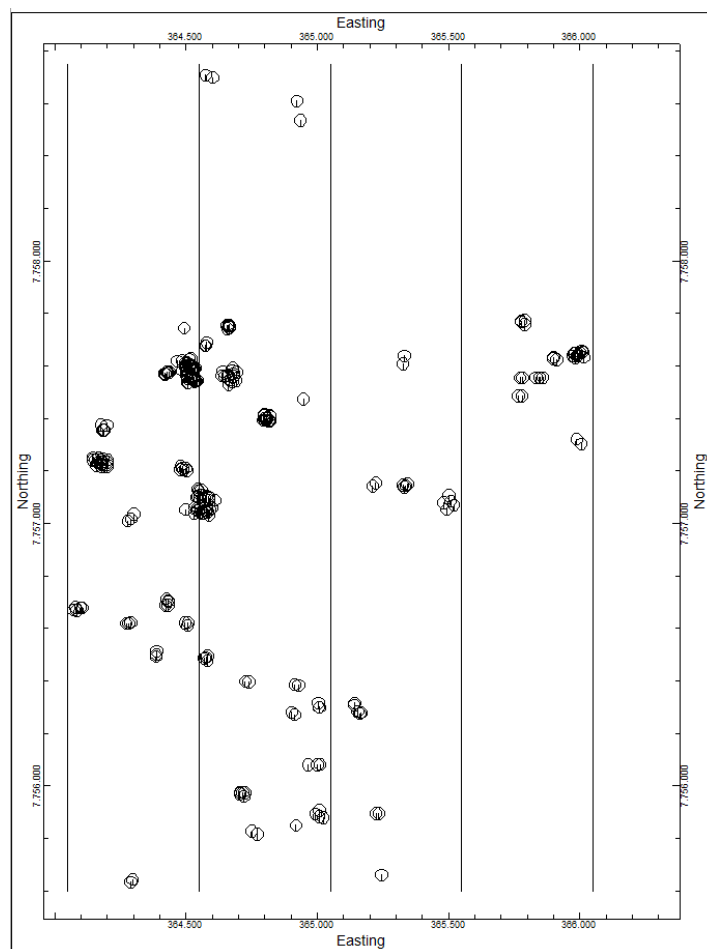
Fonte: Próprio autor

Comparando o modelo litológico-02 com o modelo litológico-01, percebe-se que existe uma espessa camada de areia 2 que é o solo composto por areia de granulação variada, com a presença de solos finos (silte ou argila), predomina os grãos visíveis a olho nu (areia), sua compactação é de compacta a muito compacta. Coloração cinza, amarela e preta e uma camada bem espessa de argila, percebe-se que no ponto de sondagem 169 uma camada de argila que tem espessura de 14,20 m sendo essa argila de resistência mole.

Da mesma forma realizada no modelo anterior, foram feitos cortes na seção transversal do modelo. O mapa a seguir mostra os cortes feitos, nesse modelo por possuir uma área maior, os cortes foram aumentados para melhor visualização.

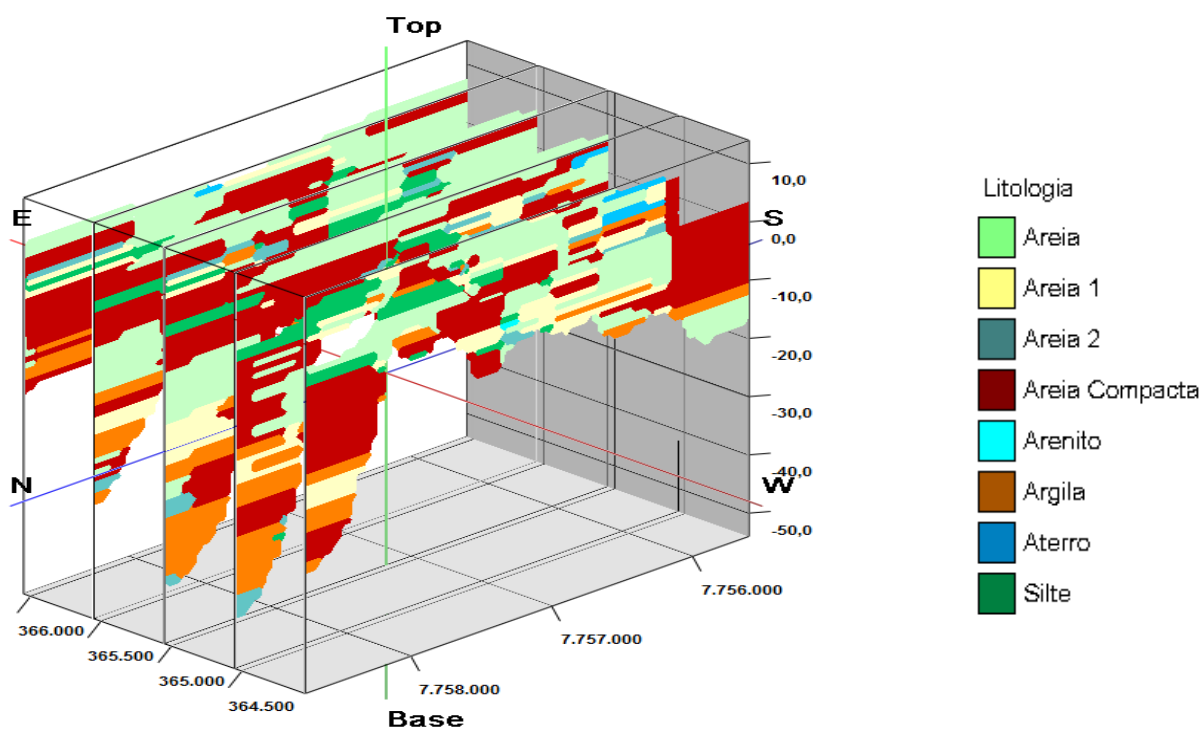
Da mesma forma executada anteriormente criou-se uma seção longitudinal para melhor visualização das camadas. Para os cortes longitudinal e transversal optou-se por utilizar uma malha de 20mx20mx1m para x, y e z respectivamente para uma futura comparação com o modelo NSPT e litológico-03.

Figura 83 - Localização das seções longitudinais do modelo litológico-02



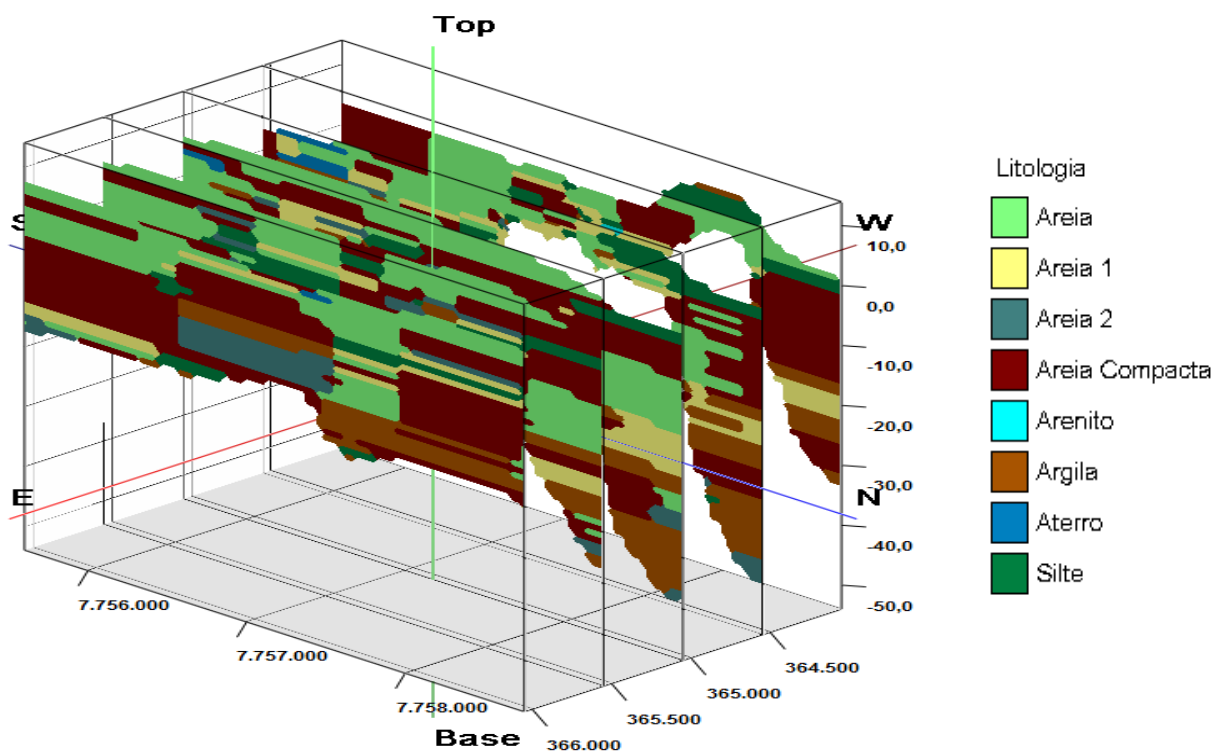
Fonte: Próprio autor

Figura 84 - Vista NW-SE da seção longitudinal do modelo litológico-02



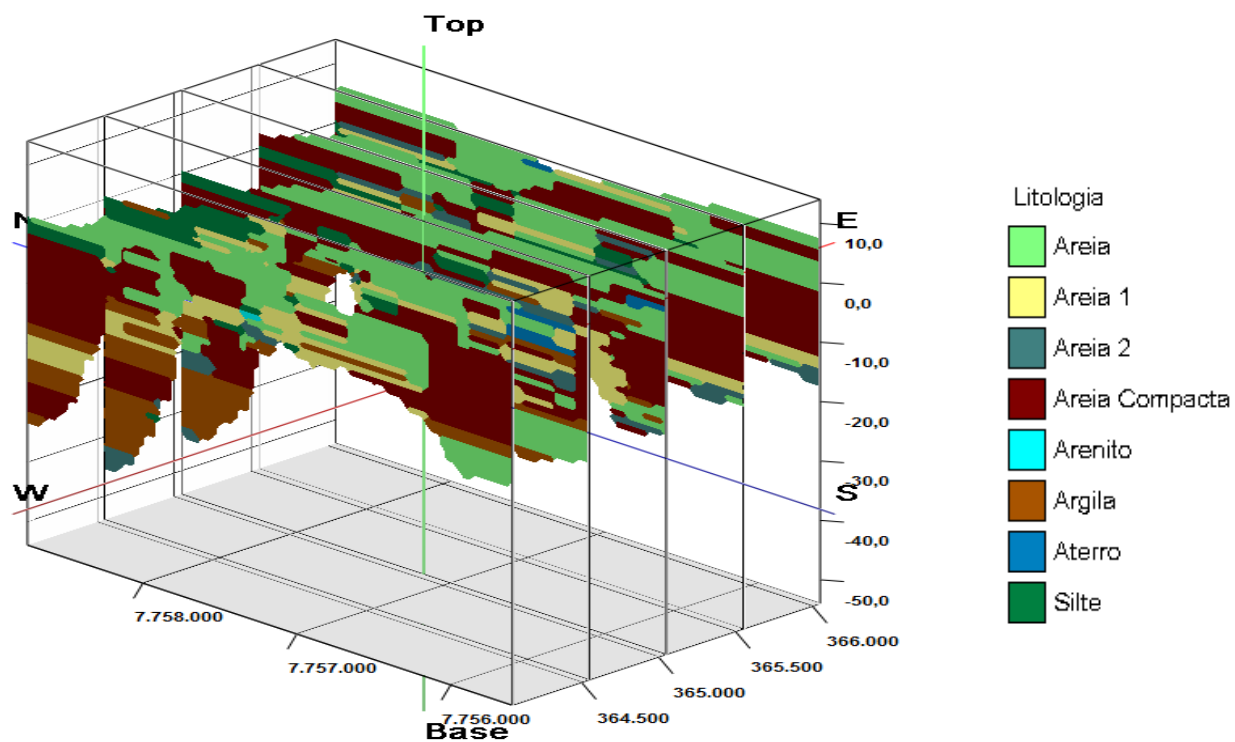
Fonte: Próprio autor

Figura 85 - Vista NE-SW da seção longitudinal do modelo litológico-02



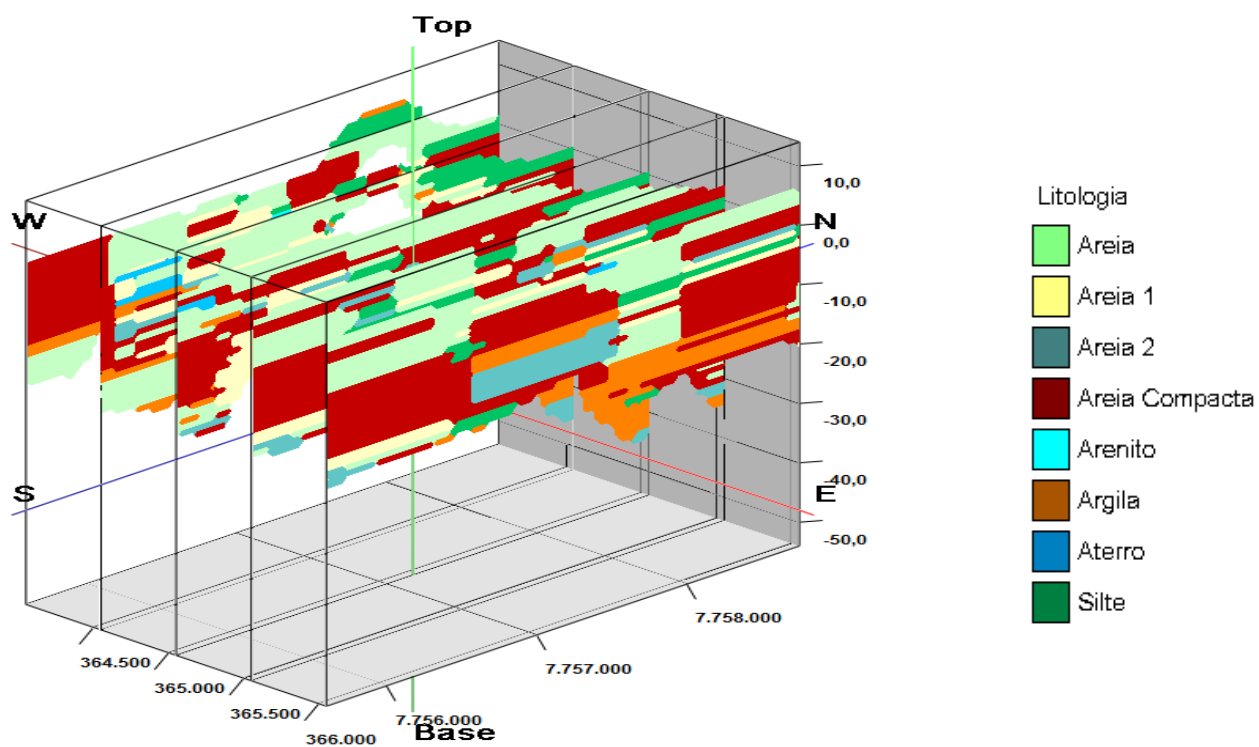
Fonte: Próprio autor

Figura 86 - Vista SW-NE da seção longitudinal do modelo litológico-02



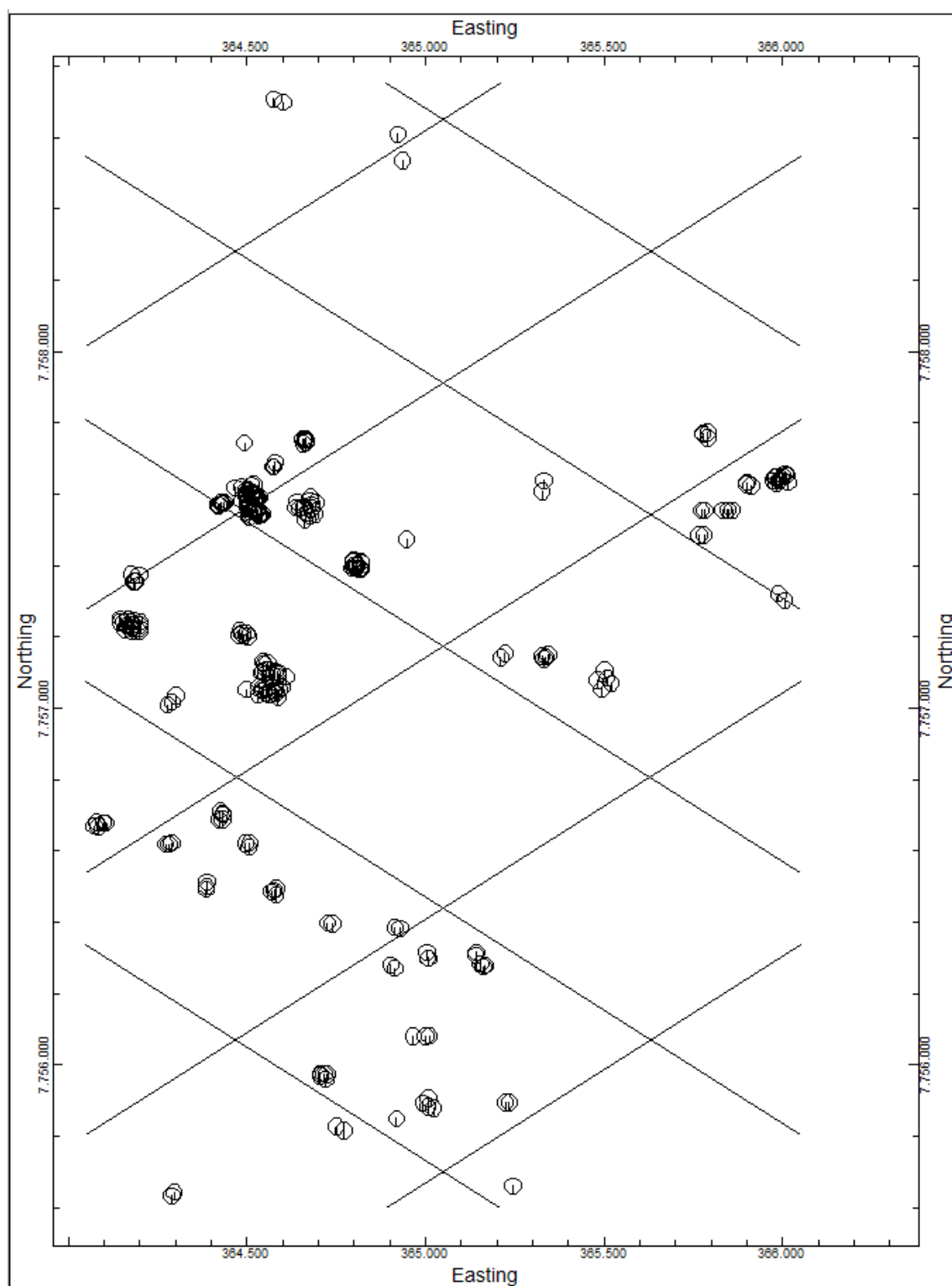
Fonte: Próprio autor

Figura 87 - Vista SE-NW da seção longitudinal do modelo litológico-02



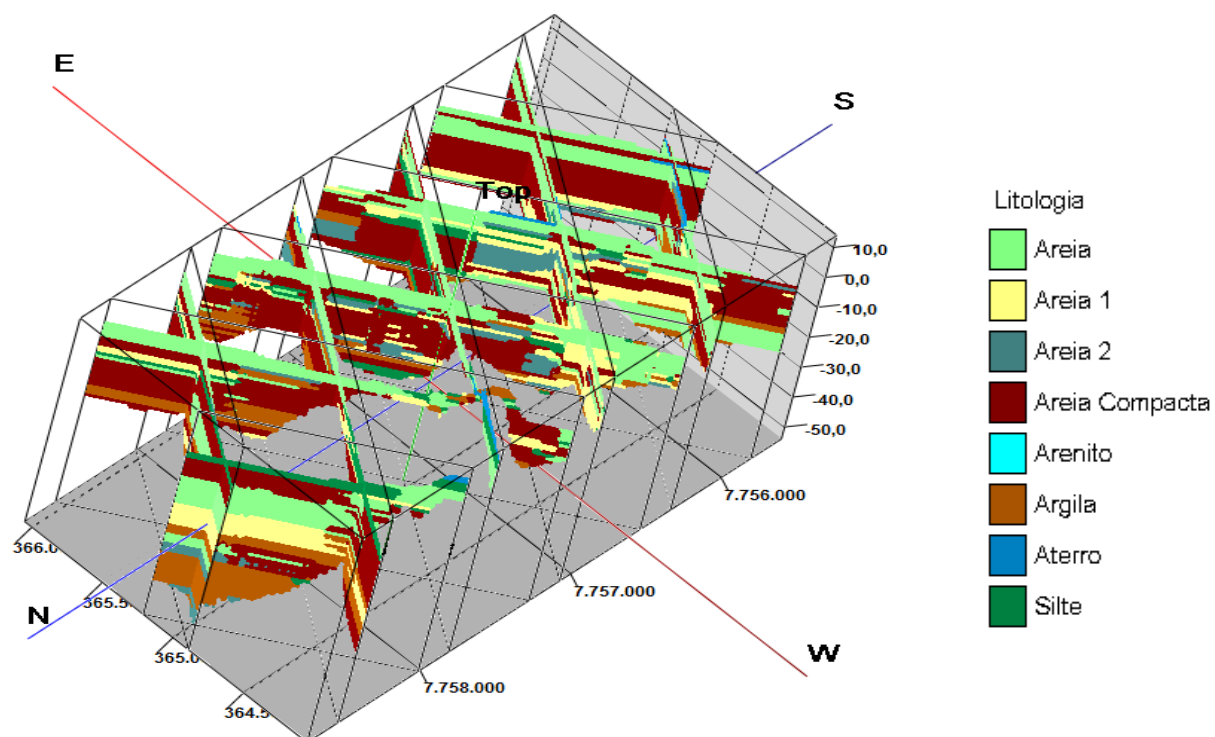
Fonte: Próprio autor

Figura 88 - Localização das seções transversais do modelo litológico-02



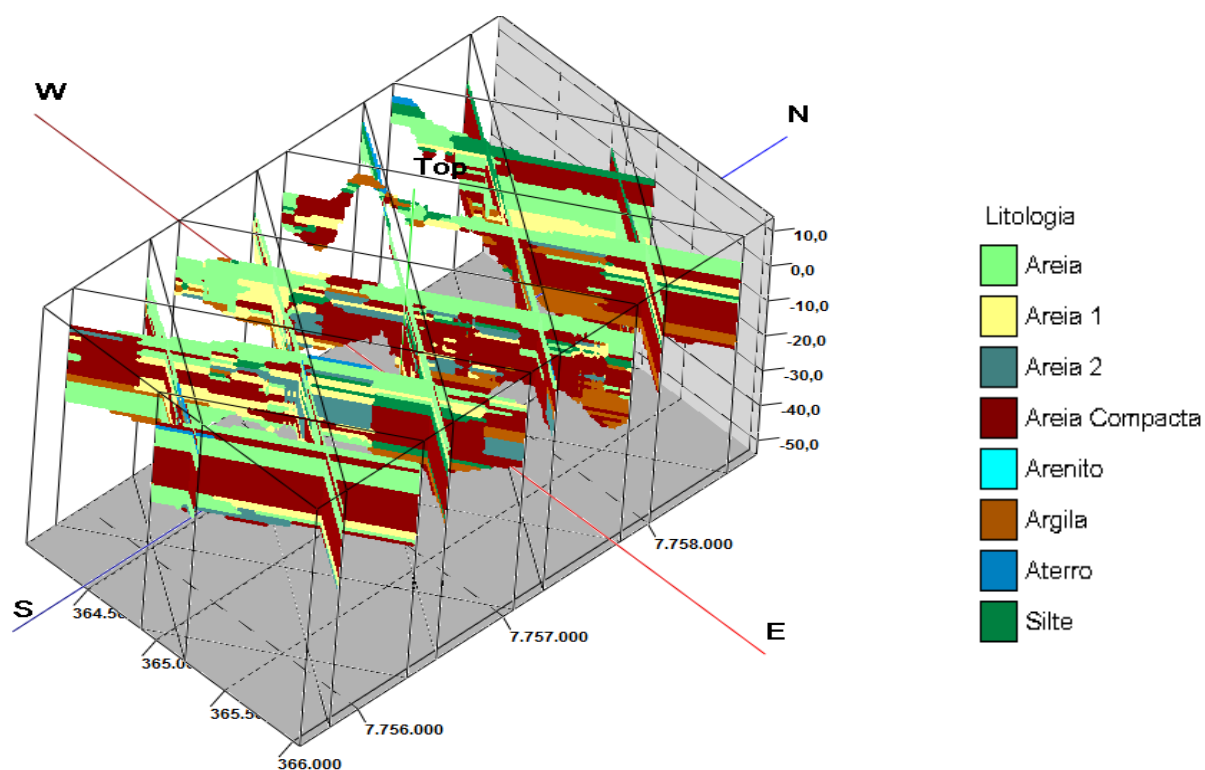
Fonte: Próprio autor

Figura 89 - Vista NW-SE da seção transversal do modelo litológico-02



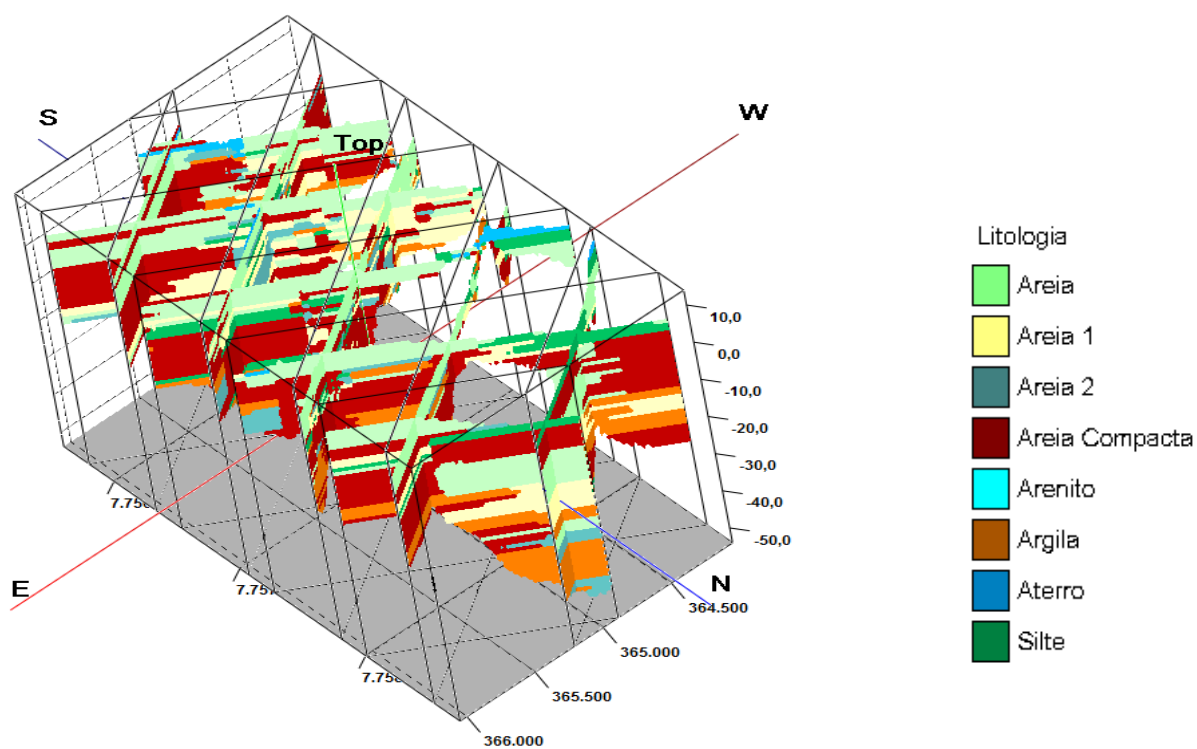
Fonte: Próprio autor

Figura 90 - Vista SE-NW da seção transversal do modelo litológico-02



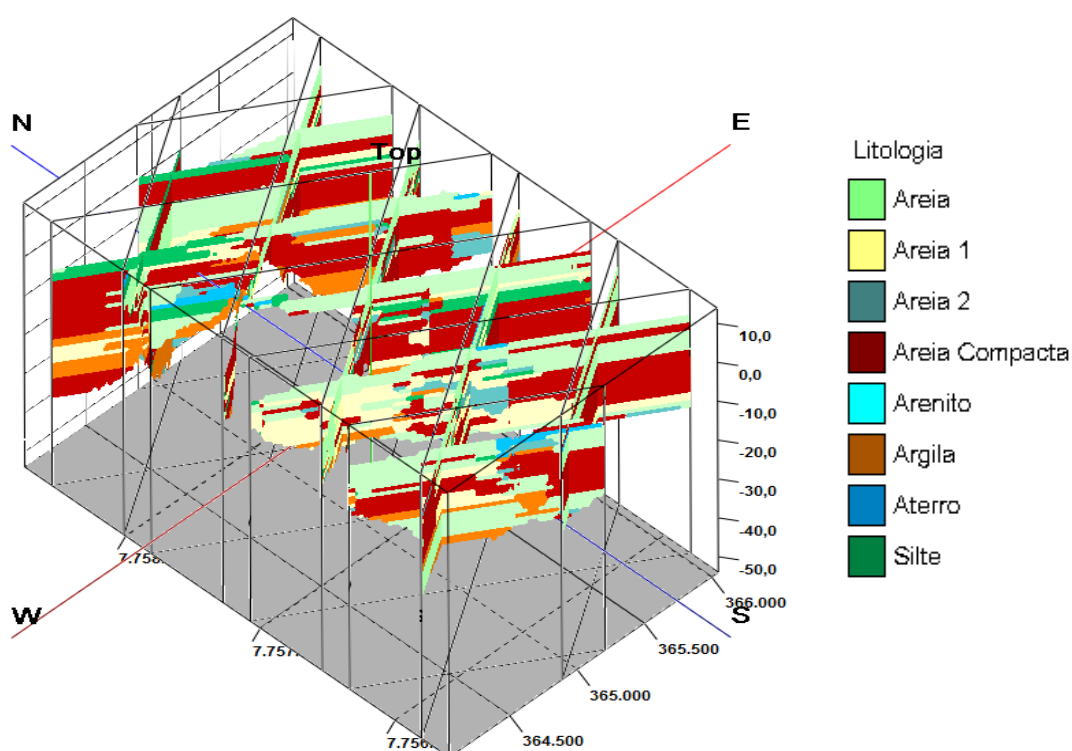
Fonte: Próprio autor

Figura 91 - Vista NW-SE da seção transversal do modelo litológico-02



Fonte: Próprio autor

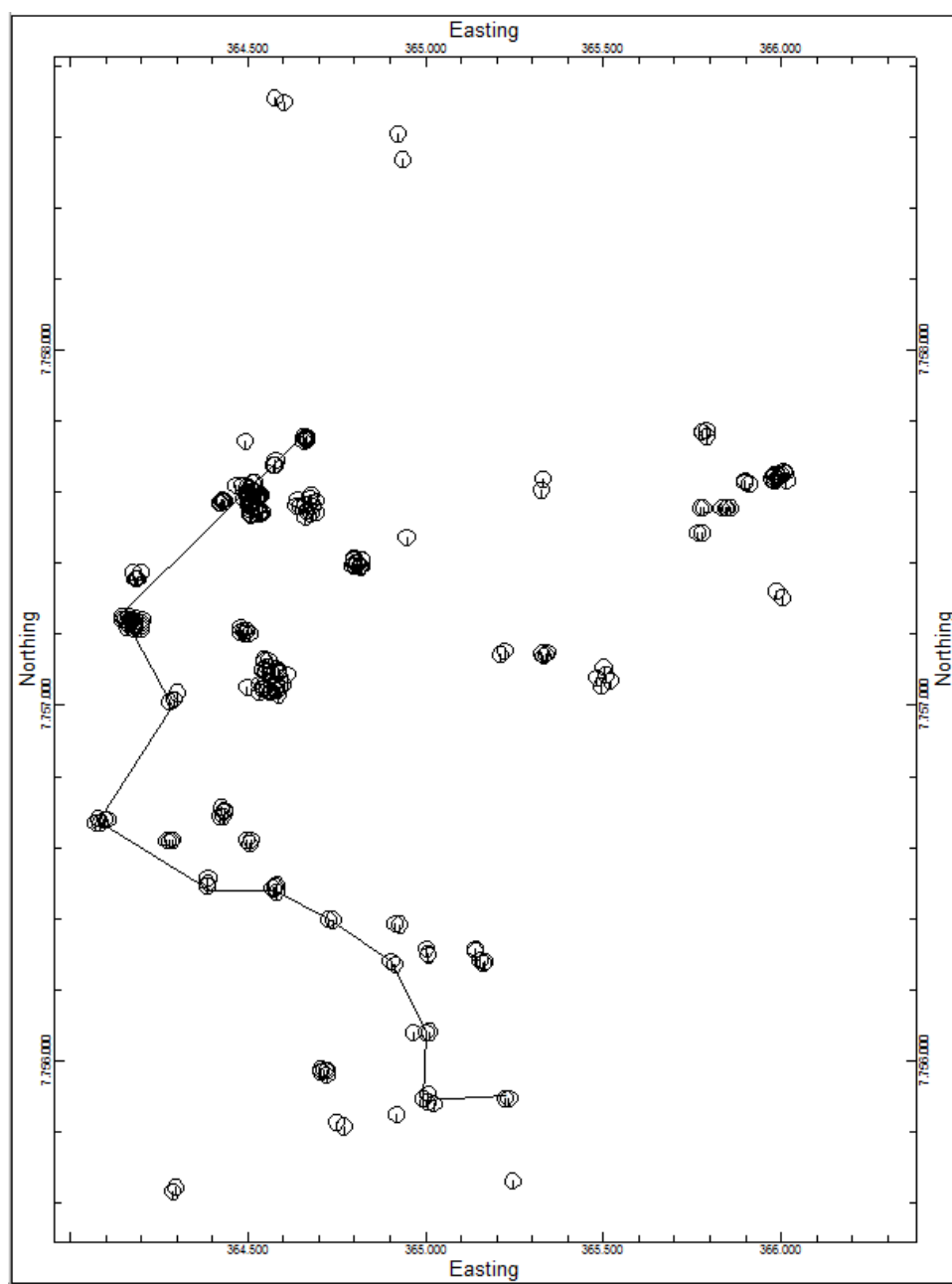
Figura 92 - Vista SE-NW da seção transversal do modelo litológico-02



Fonte: Próprio autor

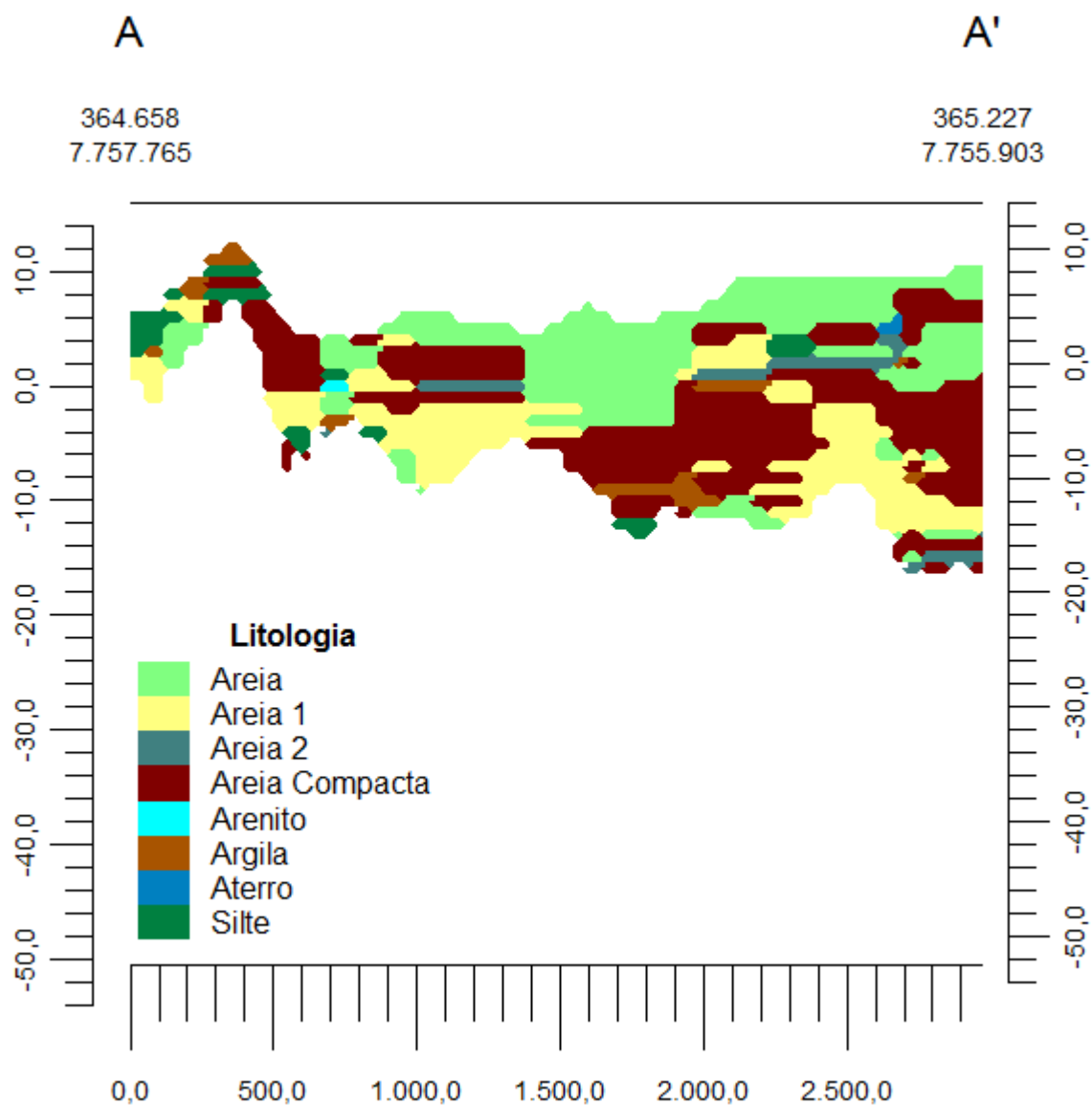
Como realizado para o modelo litológico-01 foram feitos alguns cortes na horizontal para uma melhor visualização do perfil nestes cortes foram refeitas as malhas neste caso e adotou-se um espaçamento de 50 m para o eixo x e y e de 1m para o eixo z, neste caso precisou-se refazer a malha, pois o tempo de processamento dos dados utilizando a malha anterior foi além do esperado, e como a imagem gerada anteriormente com a malha de 20mx20mx0,2m foi bem similar a imagem gerada com a malha de 50mx50mx1m adotou-se a malha em que o tempo de processamento foi mais satisfatório. Foi feita uma distorção no eixo das camadas em Z de 20 vezes para uma melhor visualização das camadas.

Figura 93 - Mapa de localização do caminhamento seção A-A01'



Fonte: Próprio autor

Figura 94 - Seção A-A01'

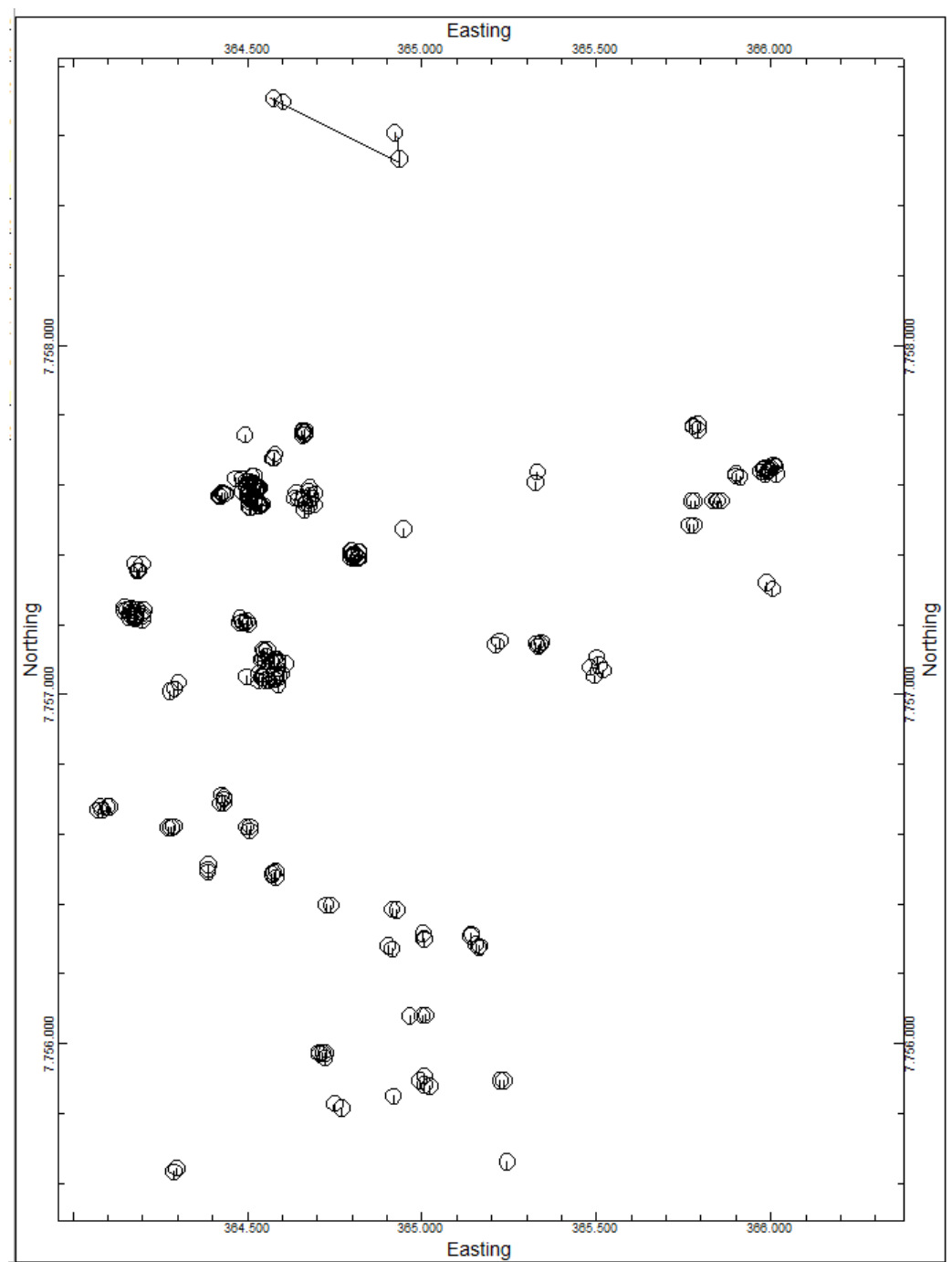


Fonte: Próprio autor

No ponto 169 foi encontrada uma espessa camada de argila, chegando a mais de 14 metros de profundidade, portanto foi feito mais um corte na seção horizontal ligando os pontos próximos para melhor visualizar a área.

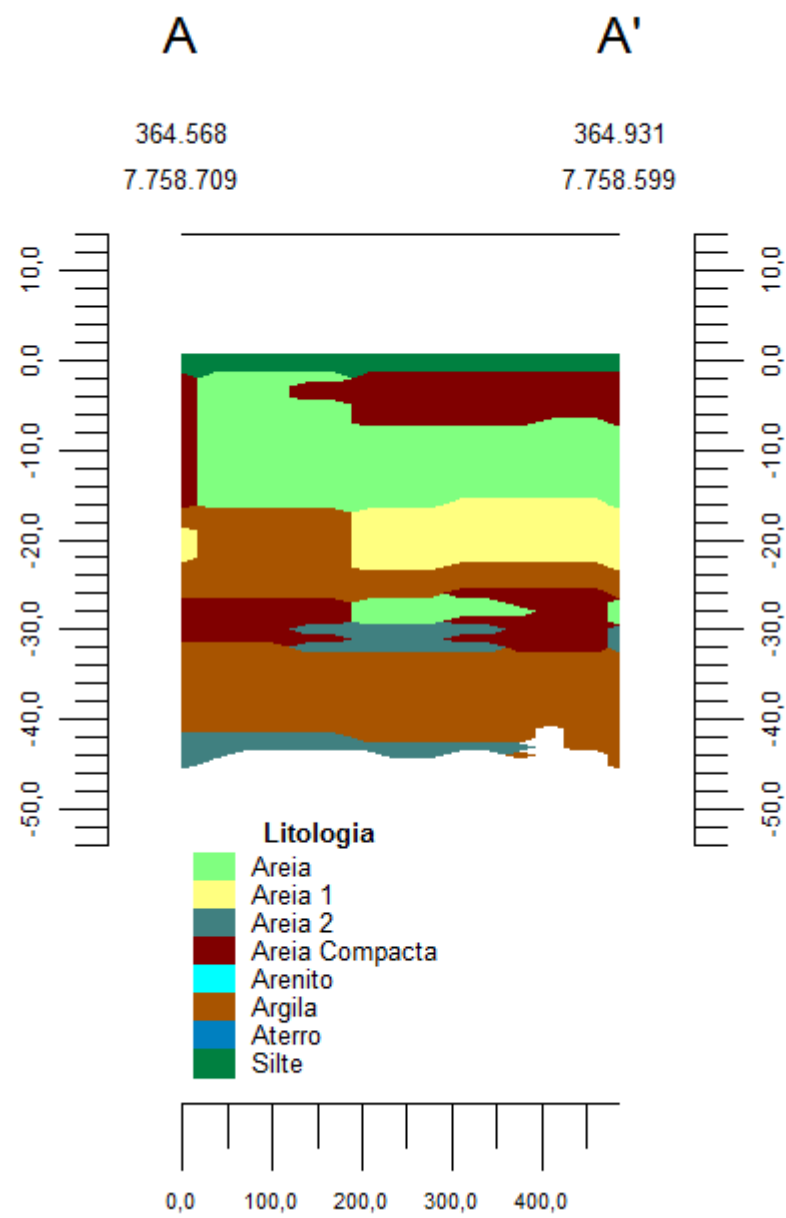
O mapa a seguir mostra a seção realizada.

Figura 95 - Mapa de localização do caminhamento seção A-A02'



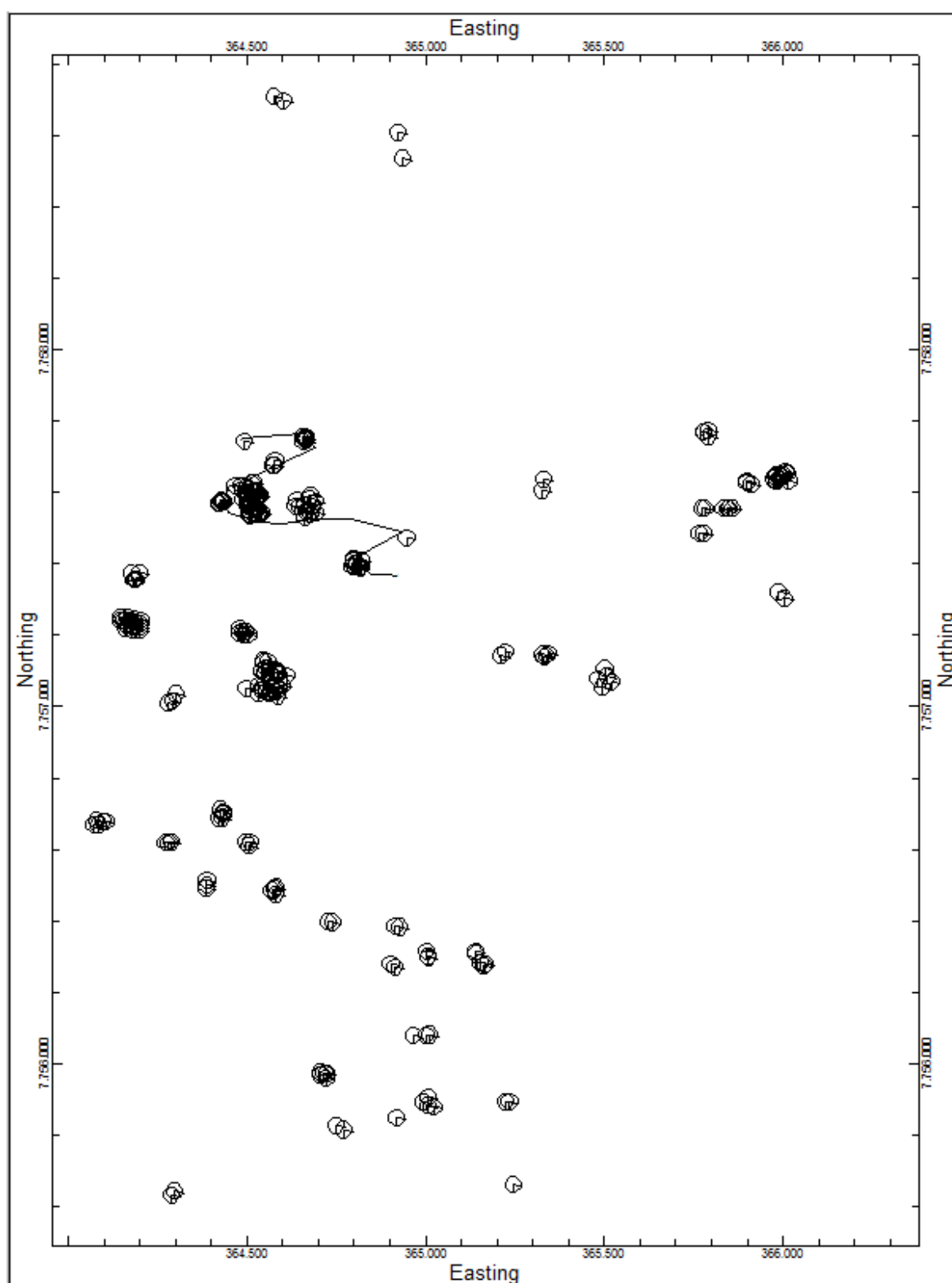
Fonte: Próprio autor

Figura 96 - Seção A-A02'



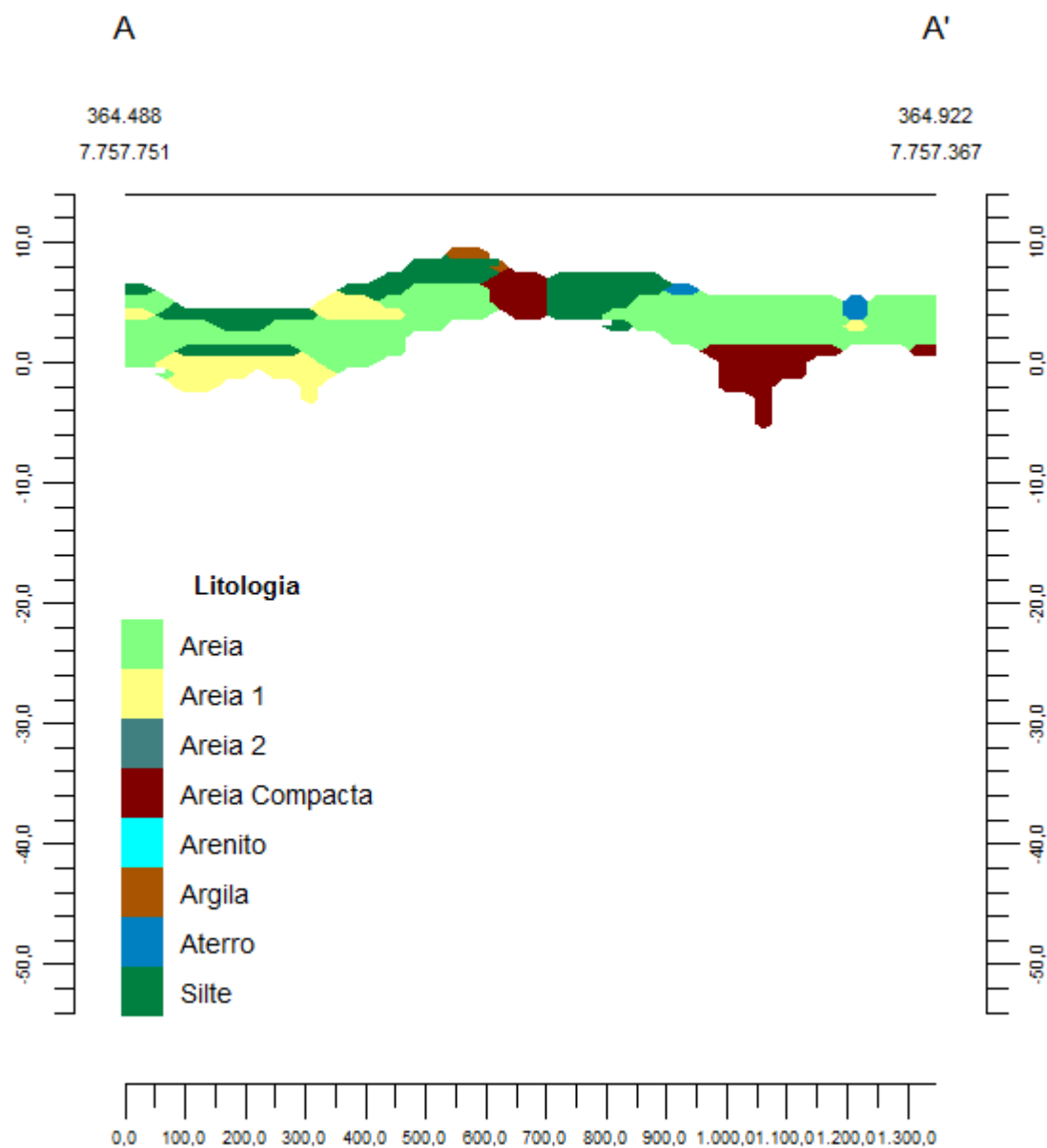
Fonte: Próprio autor

Figura 97 - Mapa de localização do caminhamento seção A-A03'



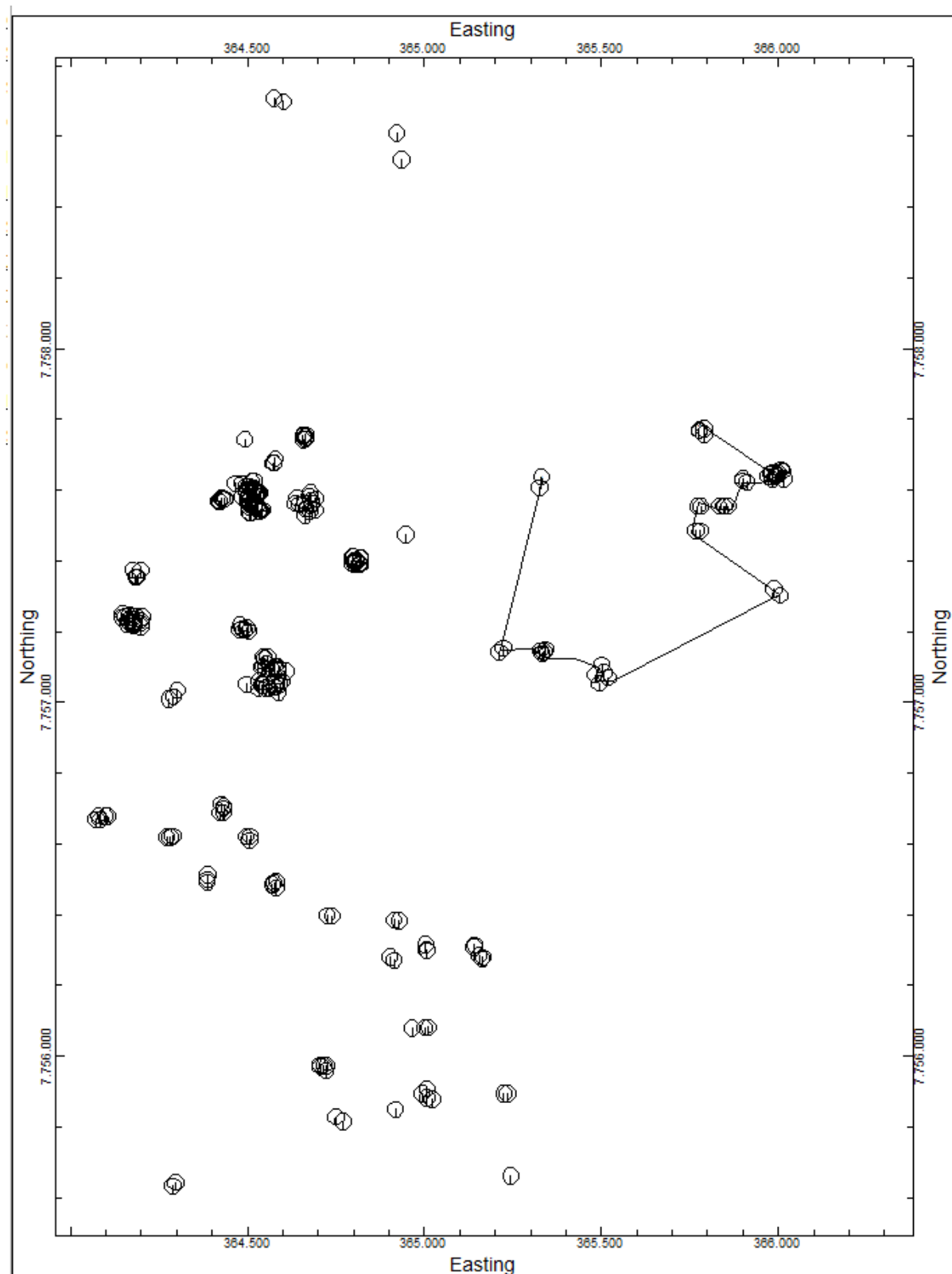
Fonte: Próprio autor

Figura 98 - Seção A-A03'



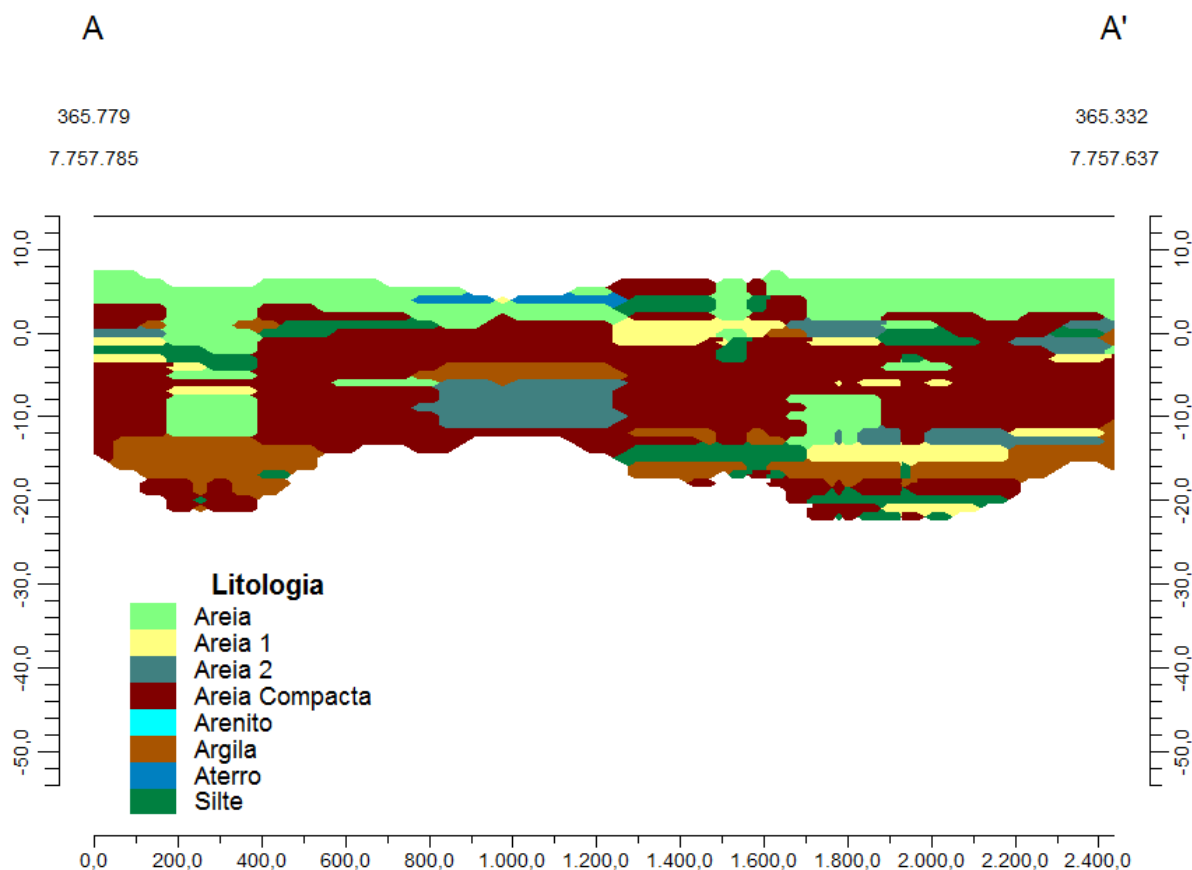
Fonte: Próprio autor

Figura 99 - Mapa de localização do caminhamento A-A05'



Fonte: Próprio autor

Figura 100 - Seção A-A05'

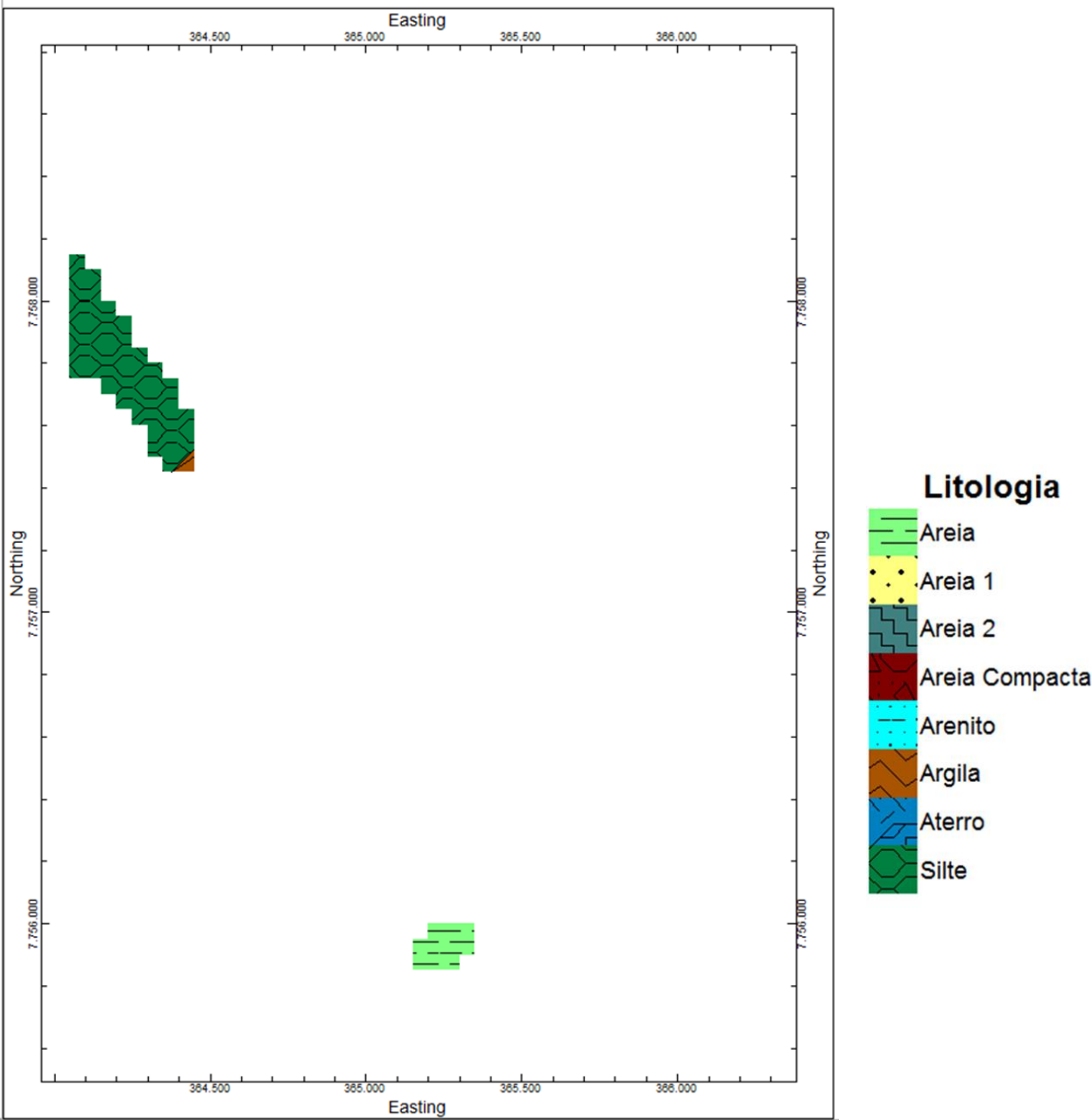


Fonte: Próprio autor

Da mesma maneira realizada para o litológico-01 foram feitos cortes na seção horizontal nas profundidade: $z=8$; $z=4$; $z=0$; $z=-4$; $z=-8$; $z=-12$; $z=-16$; $z=-20$; $z=-24$; $z=-28$; $z=-32$; $z=-36$; $z=-40$; $z=-44$, com o mesmo intuito, a fim de demonstrar a de uma maneira mais clara a disposição das camadas de sedimentos presente na região além de mais uma vez ratificar o modelo com o modelo desenvolvido por Castello e Polido em 1988.

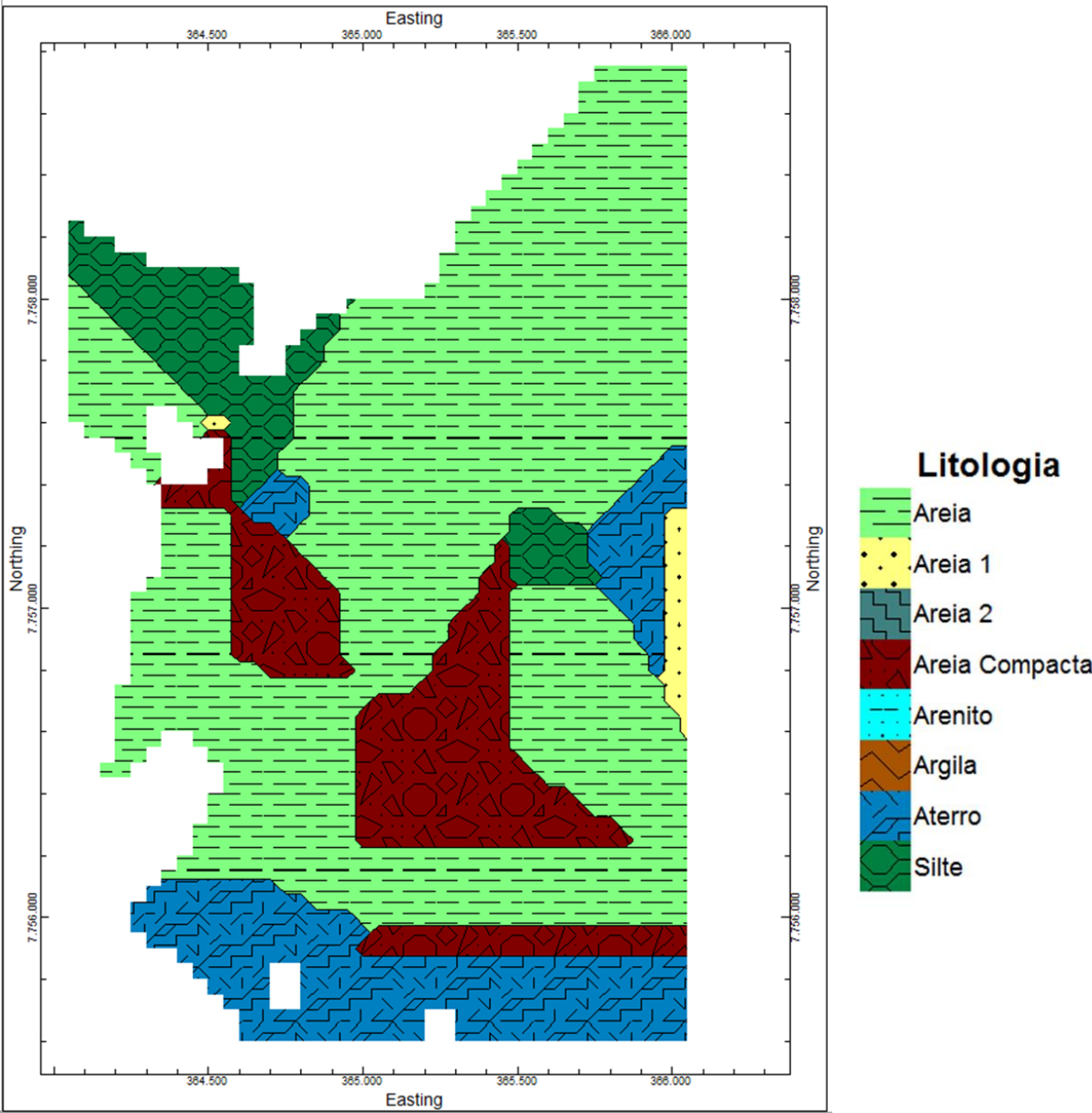
As figuras a seguir identificam os cortes horizontal do modelo litológico nas cotas especificadas.

Figura 101 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=8



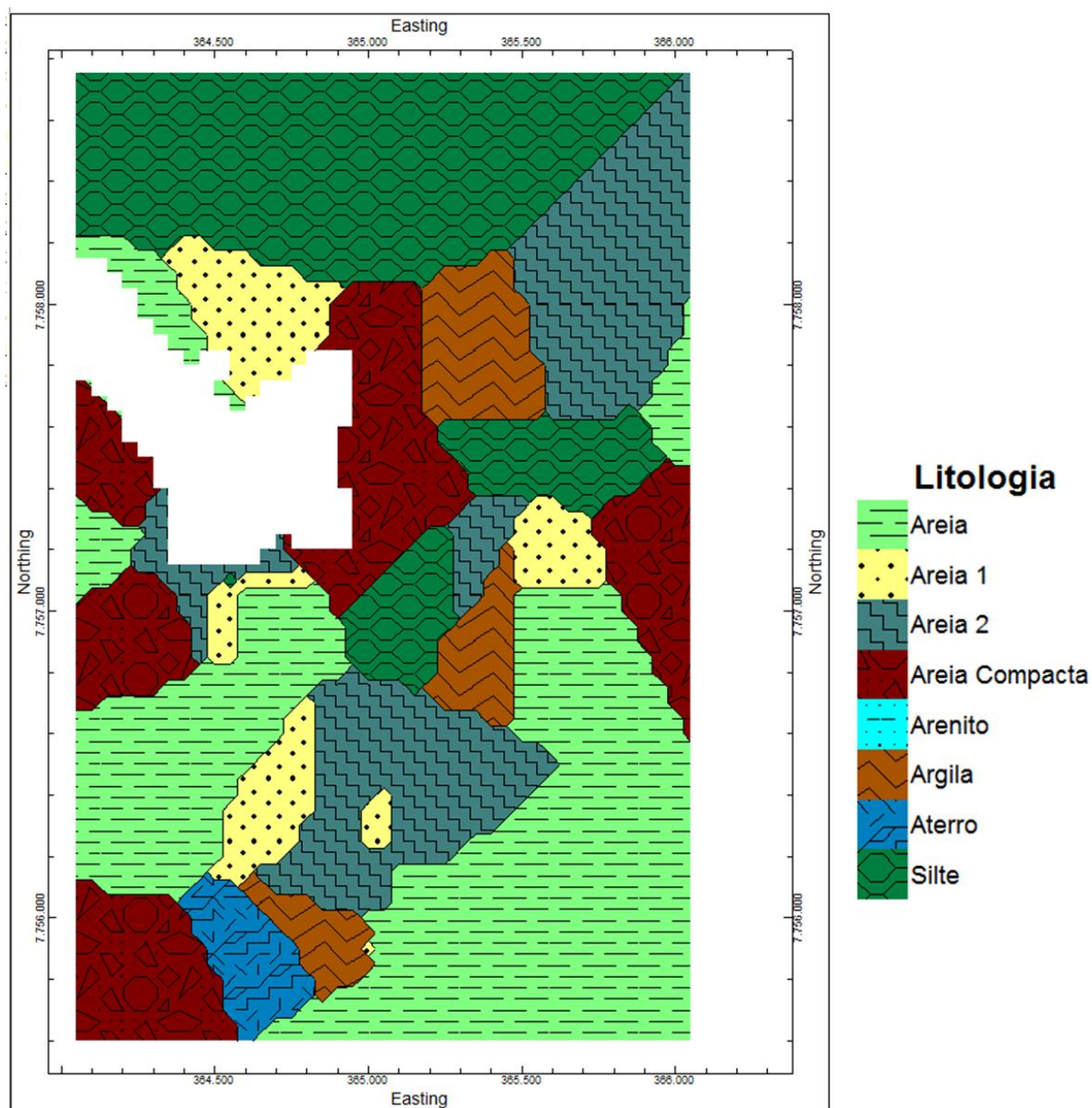
Fonte: Próprio autor

Figura 102 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=4



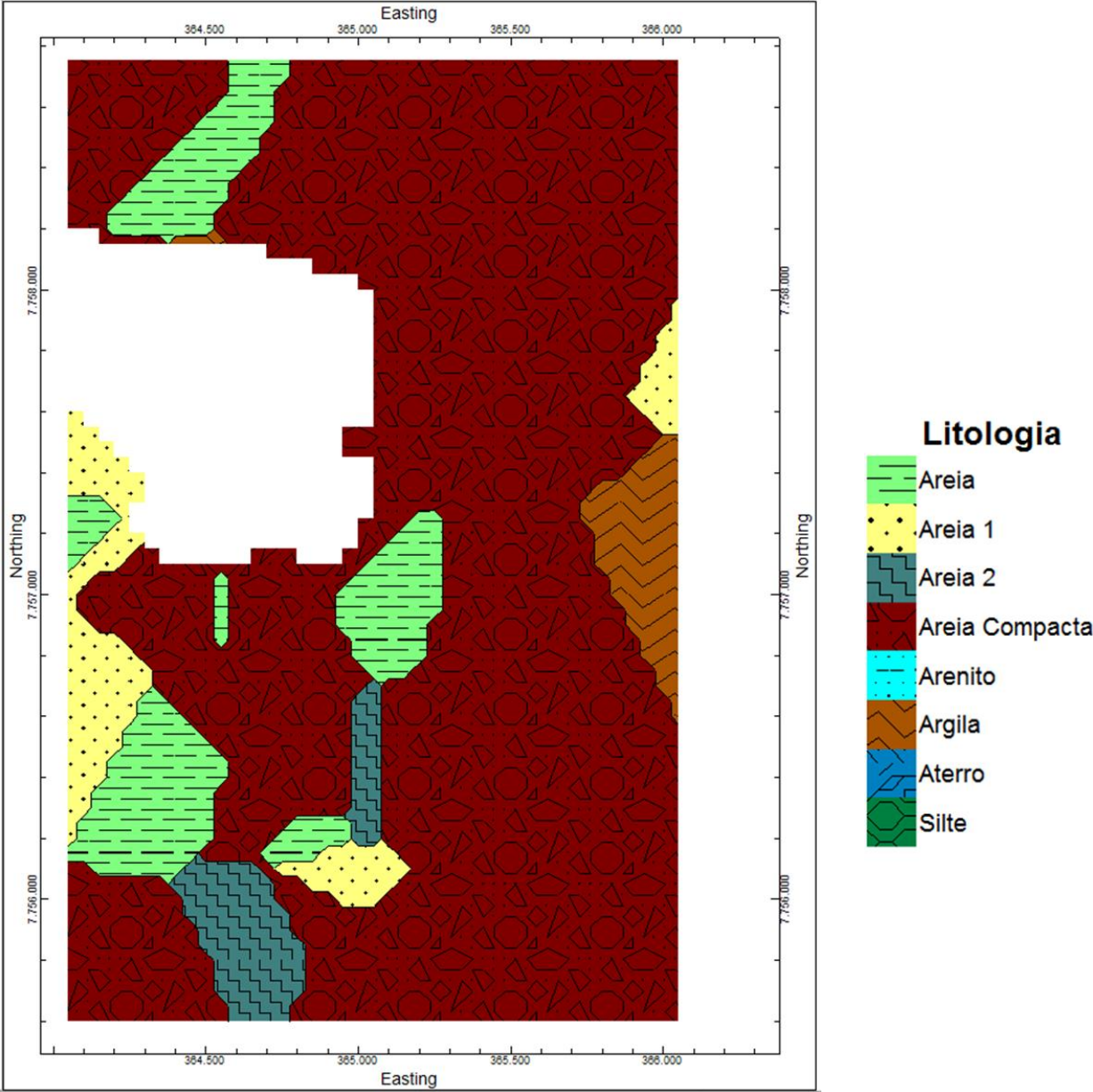
Fonte: Próprio autor

Figura 103 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=0



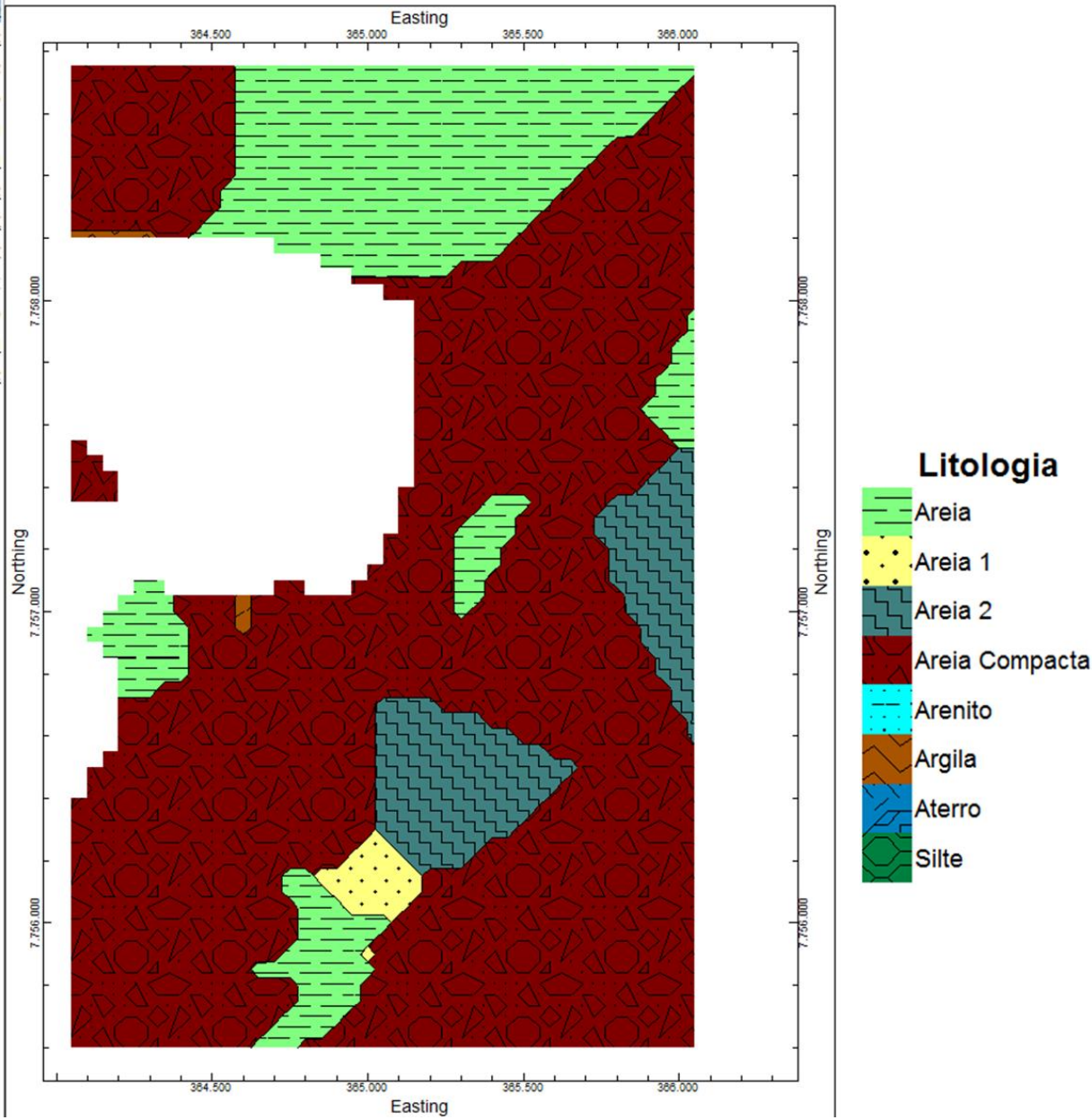
Fonte: Próprio autor

Figura 104 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-4



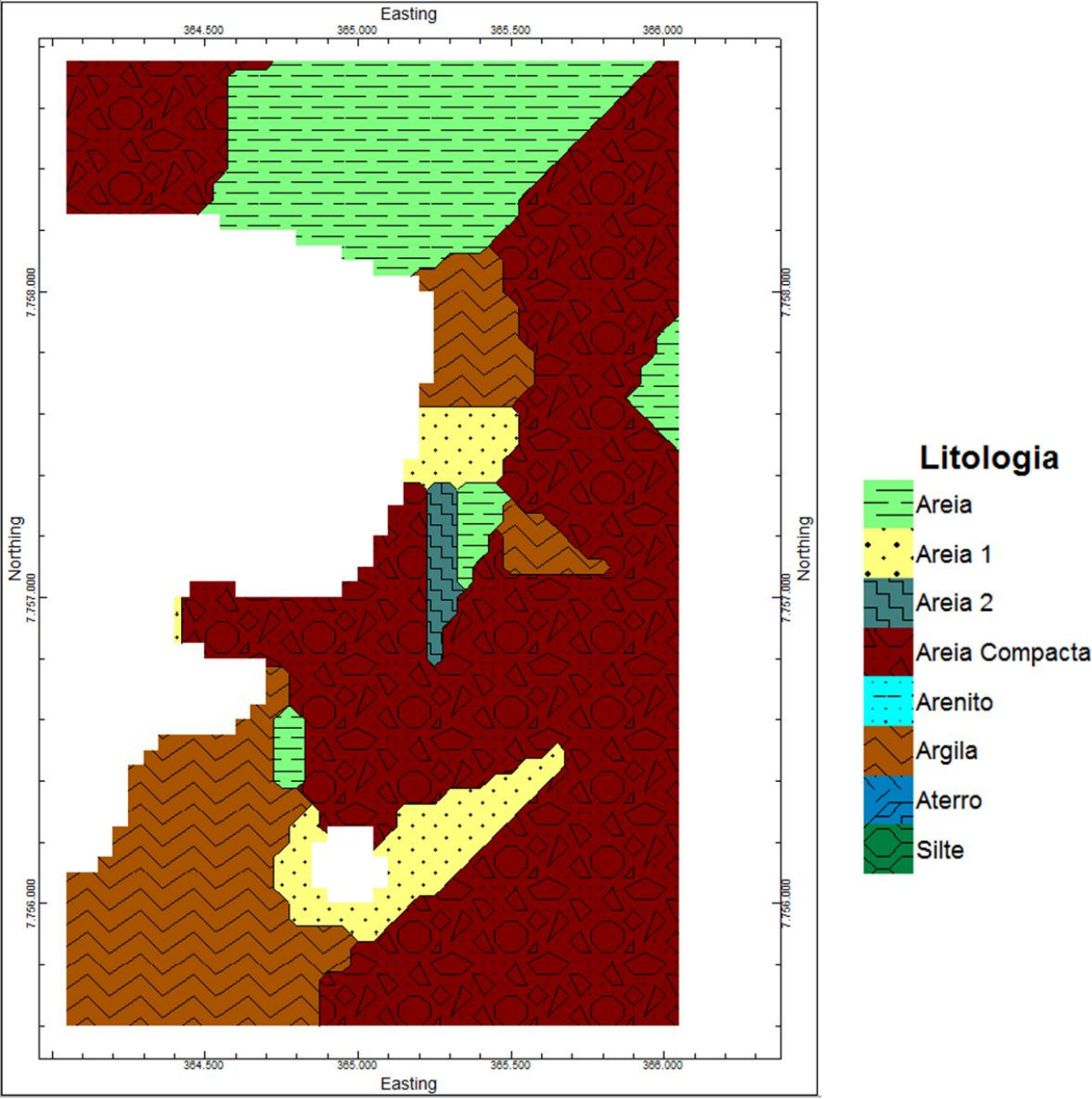
Fonte: Próprio autor

Figura 105 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-8



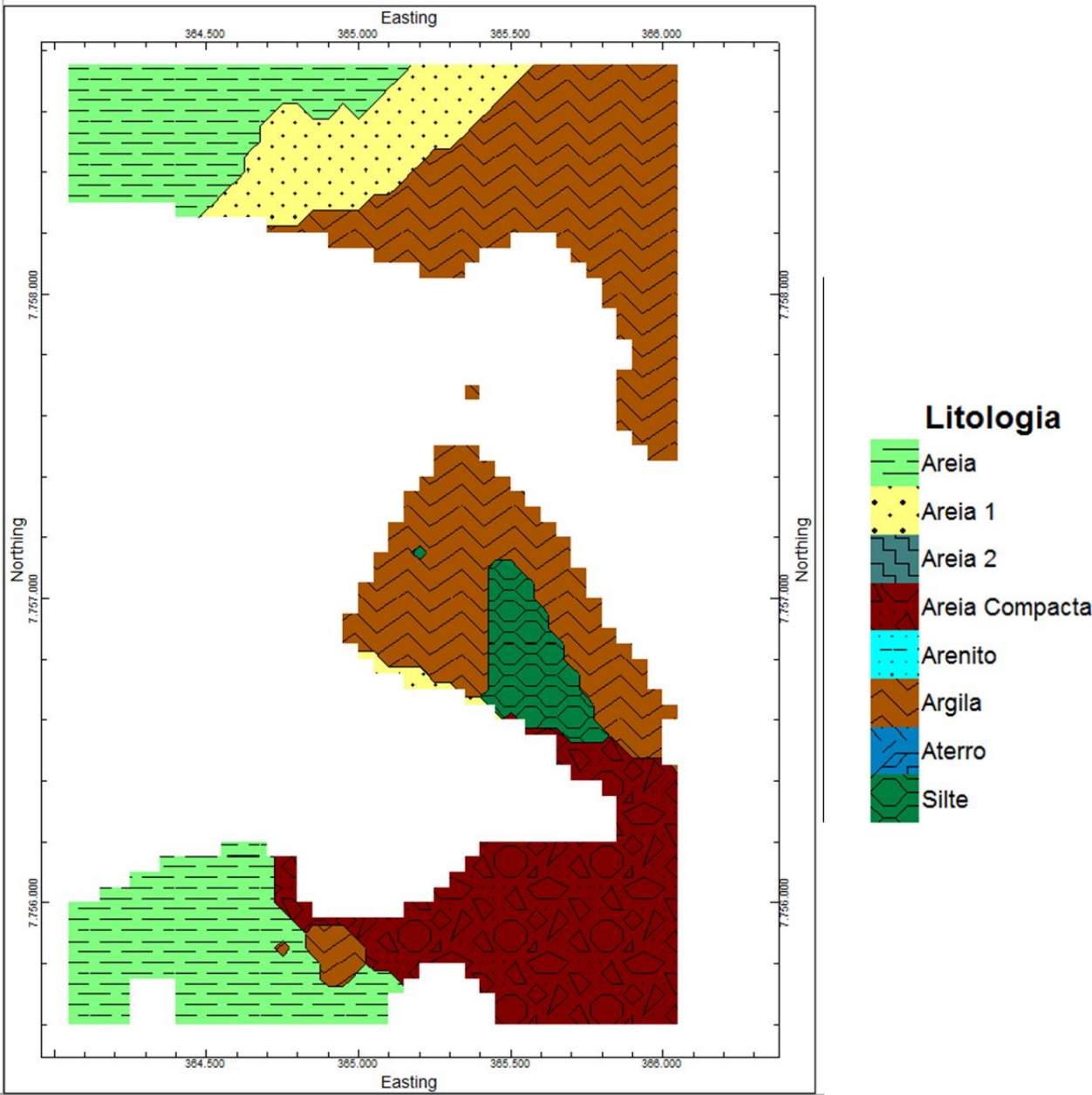
Fonte: Próprio autor

Figura 106 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-12



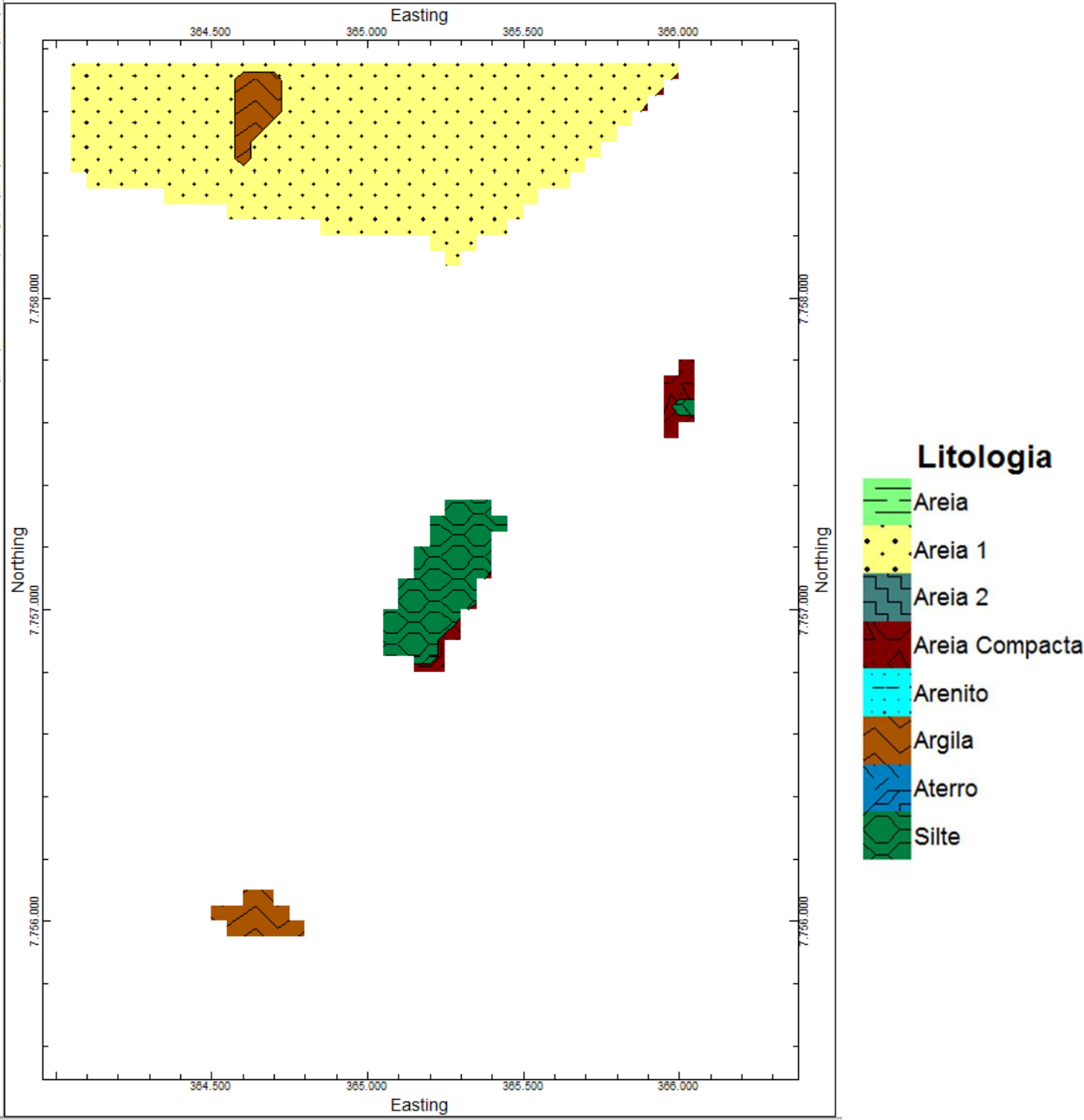
Fonte: Próprio autor

Figura 107 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-16



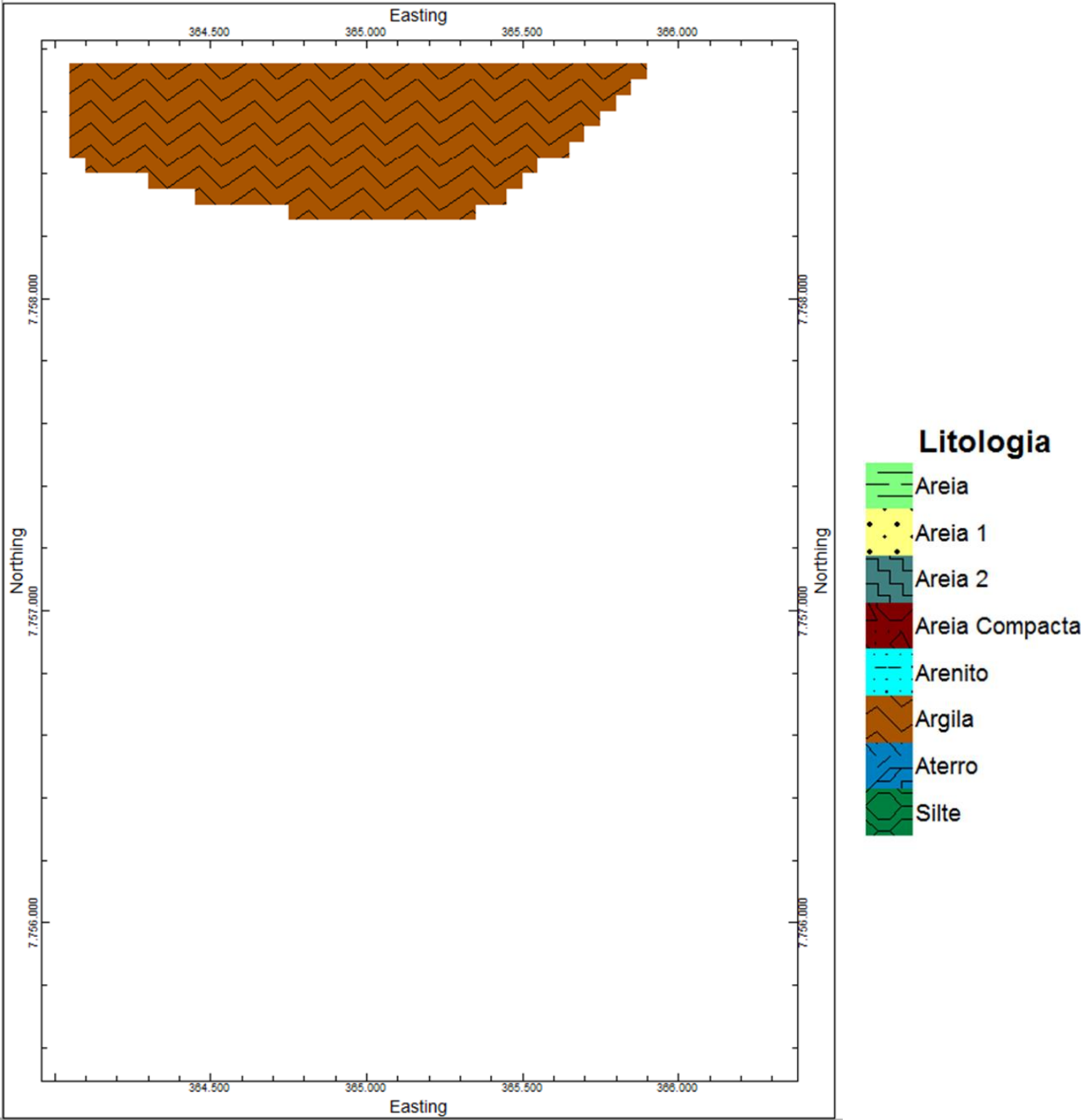
Fonte: Próprio autor

Figura 108 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-20



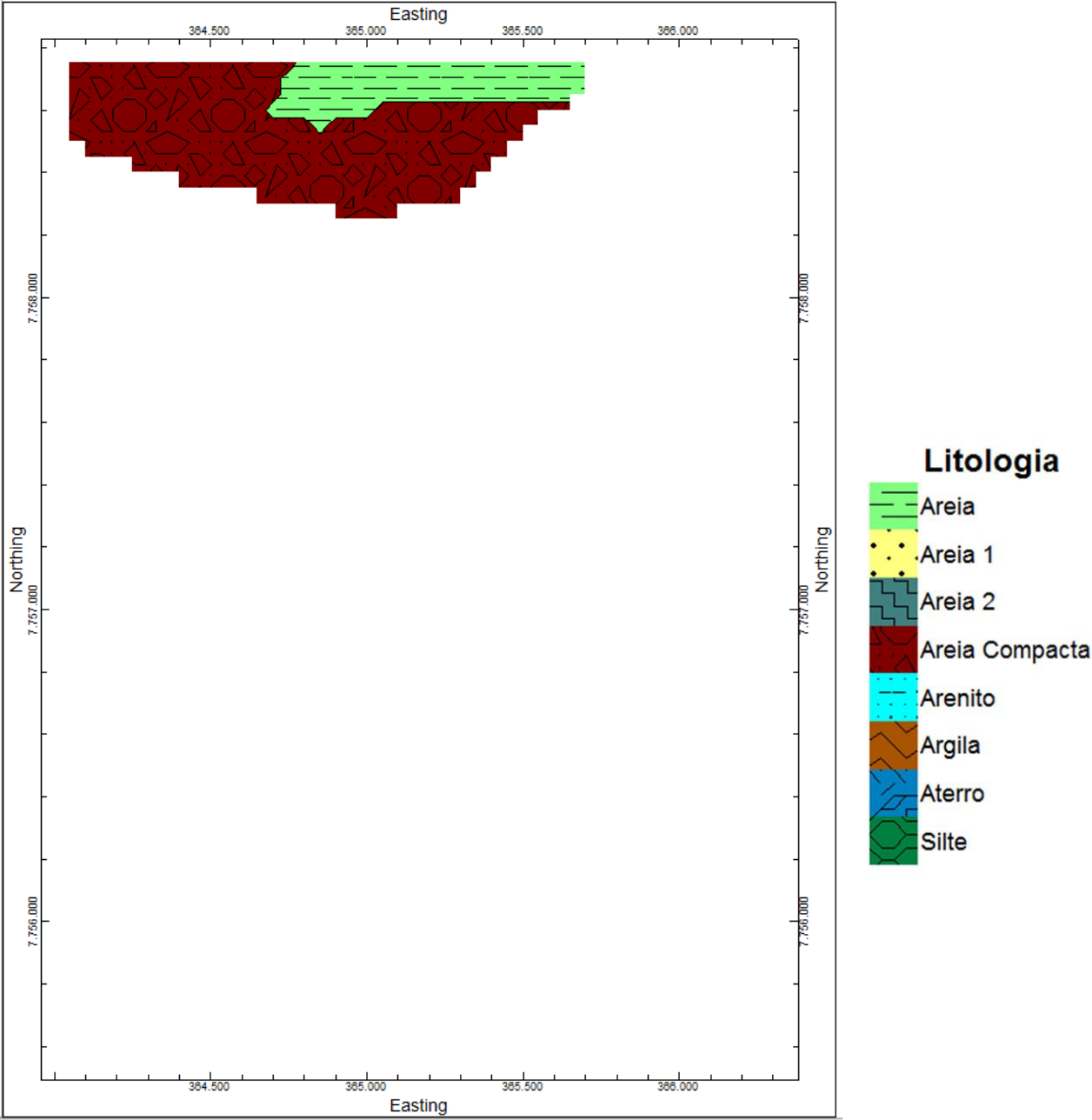
Fonte: Próprio autor

Figura 109 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-24



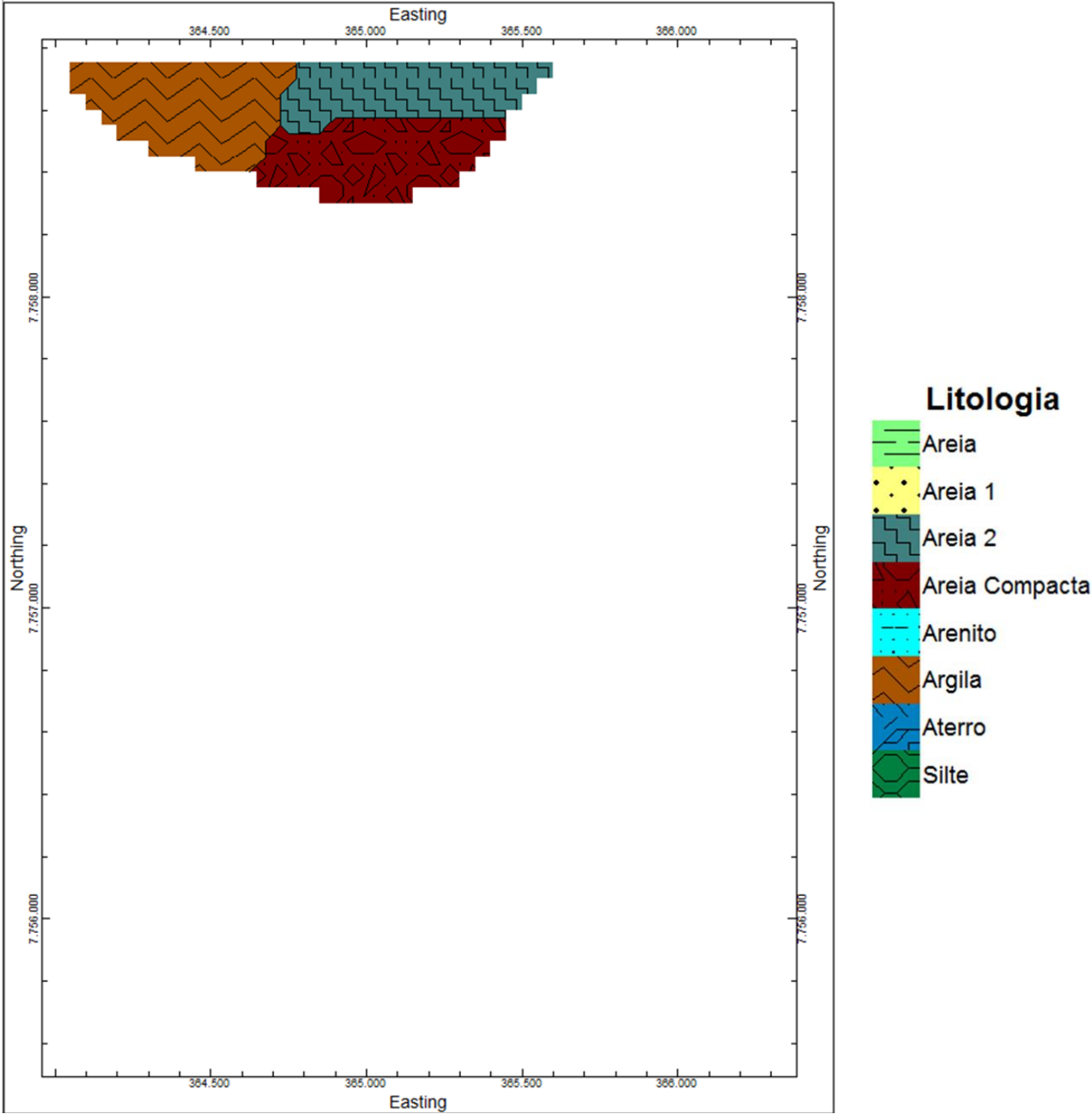
Fonte: Próprio autor

Figura 110 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-28



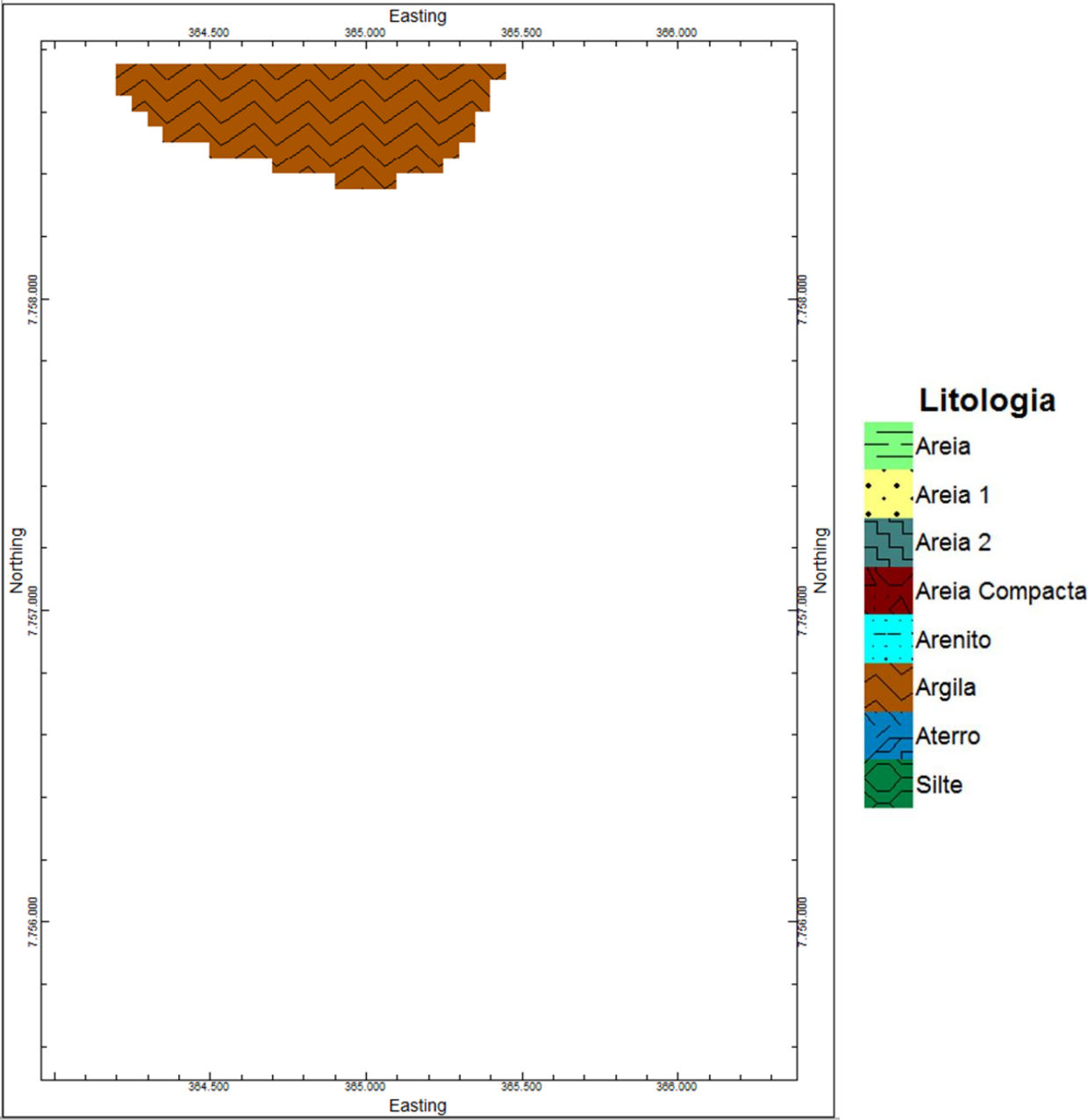
Fonte: Próprio autor

Figura 111 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-32



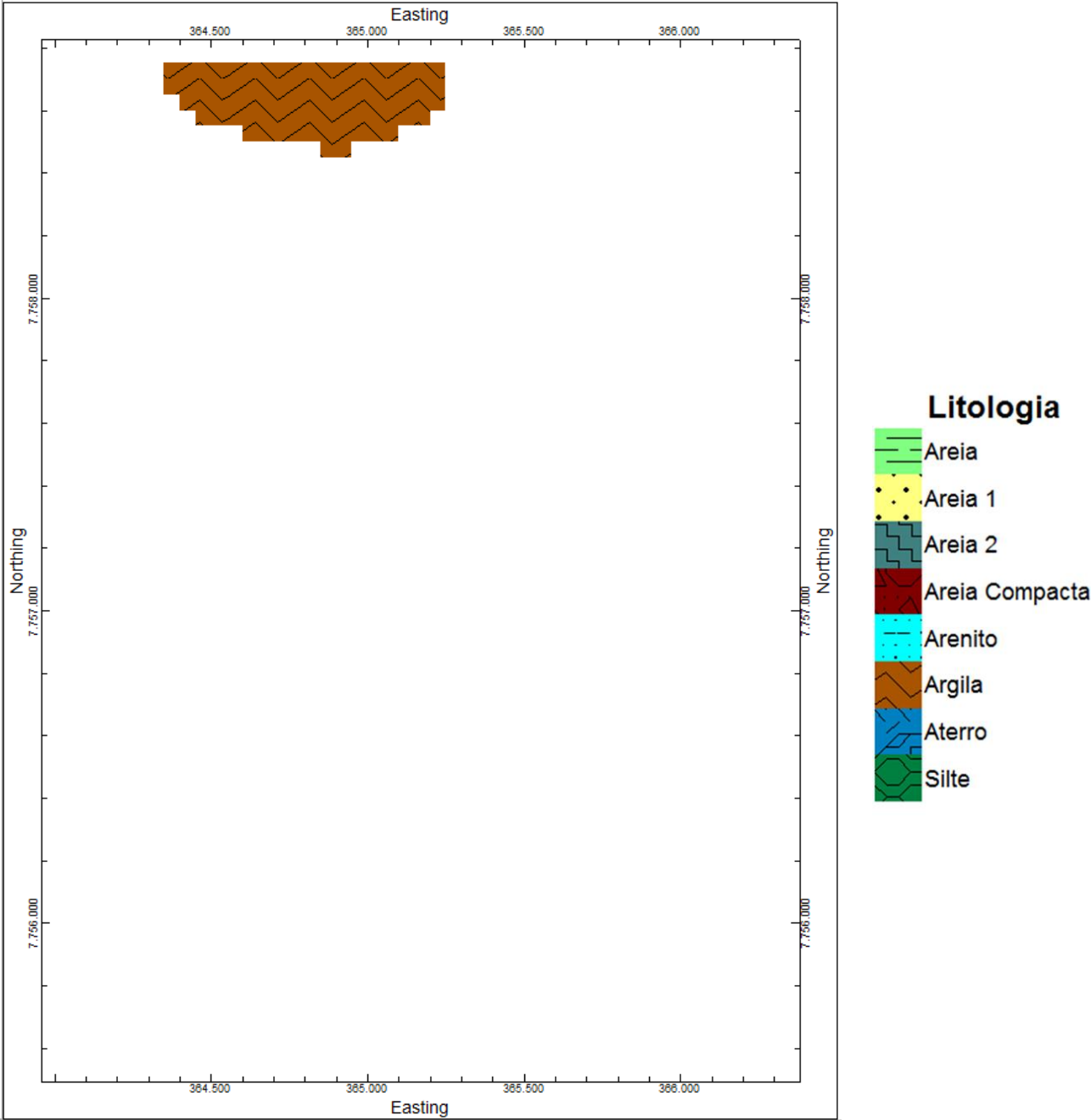
Fonte: Próprio autor

Figura 112 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-36



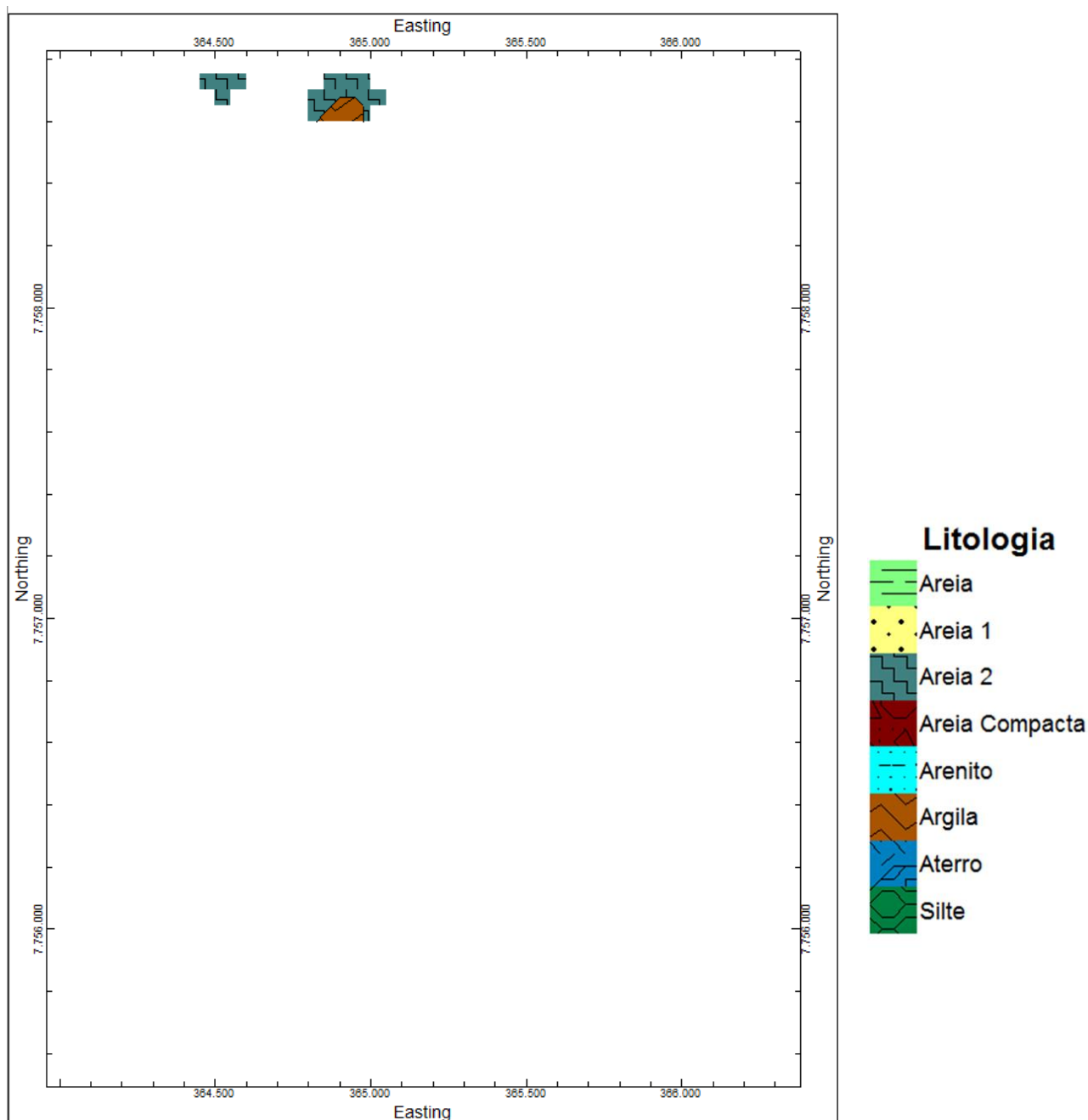
Fonte: Próprio autor

Figura 113 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-40



Fonte: Próprio autor

Figura 114 - Seção horizontal do modelo litológico-02 na conta Z=-44



Fonte: Próprio autor

A fim de enriquecer o trabalho, foi criado um modelo P-Data, e um modelo litológico-03 em função dos dados do modelo P-Data. O modelo P-Data no *software* elabora um modelo SPT, para a entrada de dados desse modelo foi adotada uma metodologia com base na ABGE onde as camadas acima de 50 golpes foram consideradas com um $N_{spt} = 60$. Nesse modelo não foi considerada nem uma correção do NSPT, apenas foram considerados os números encontrados nos boletins em estudo, esse modelo tem por função mostrar através dos dados

expostos até aqui a concordância na litologia e estratigrafia. Esse modelo inclui todos os pontos de sondagens estudados, sendo estes os que chegam ao impenetrável ao trépano e os furos em que a sondagem foi paralisada pelo cliente.

Neste modelo litológico-03 foi adotado como designação para os sedimentos a NBR 6484:2011. A tabela 8 mostra os parâmetros utilizados com base no NSPT de cada furo.

Tabela 9– Tabela dos estados de compactidade e de consistência.

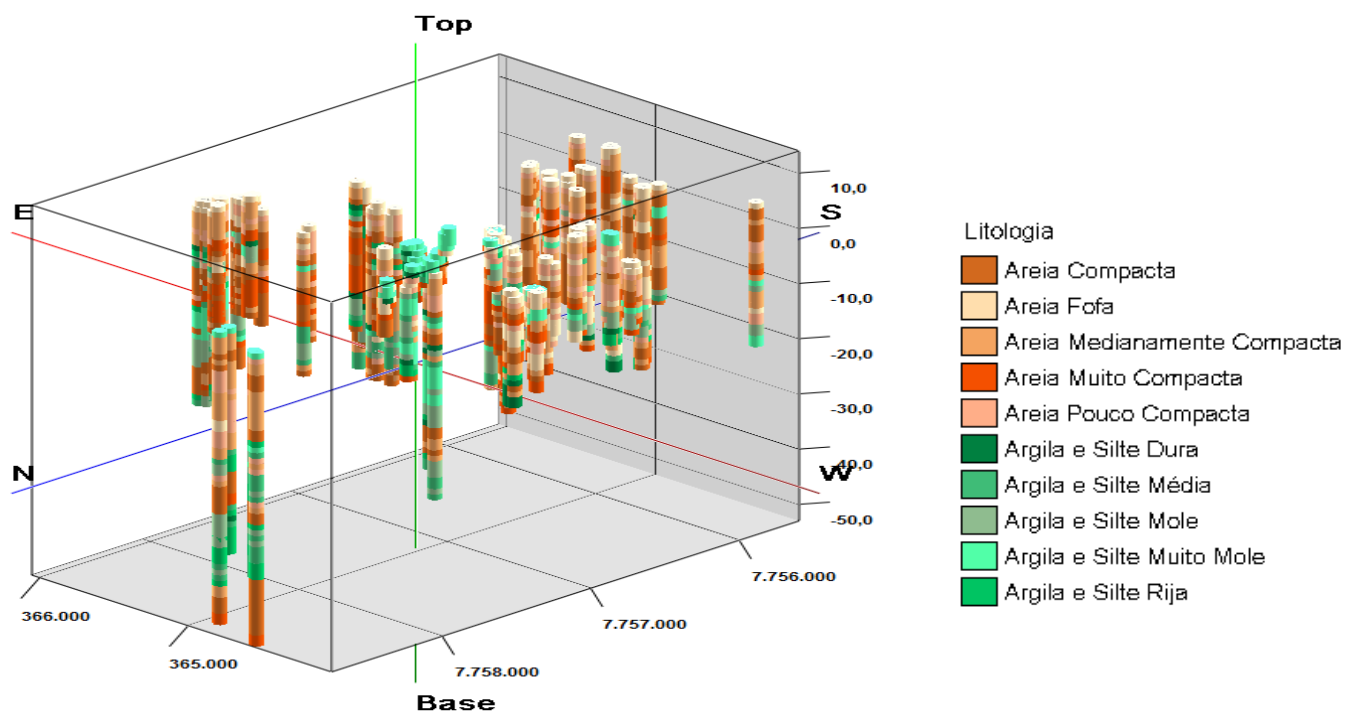
Solo	Índice de resistência à penetração N	Designação ⁽¹⁾
Areias e Siltes arenosos	≤4	Fofa
	5 a 8	Pouco compacta
	9 a 18	Medianamente compacta
	19 a 40	Compacta
	>40	Muito compacta
Argilas e Siltes argilosos	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média
	11 a 19	Rija
	>19	Dura
⁽¹⁾ As expressões empregadas para a classificação da compactidade das areias (fofa, compacta, etc.), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista das fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na Mecânica dos Solos.		

Fonte: NBR 6484:2011

Para este modelo gerado foi redefinida a malha, adotando para x, y e z respectivamente 20, 20 e 1 metro. Desta vez as camadas não precisaram ser refinadas com a camada Z=0,2, pois baseou-se no NSPT e desta forma foi dividido de metro em metro.

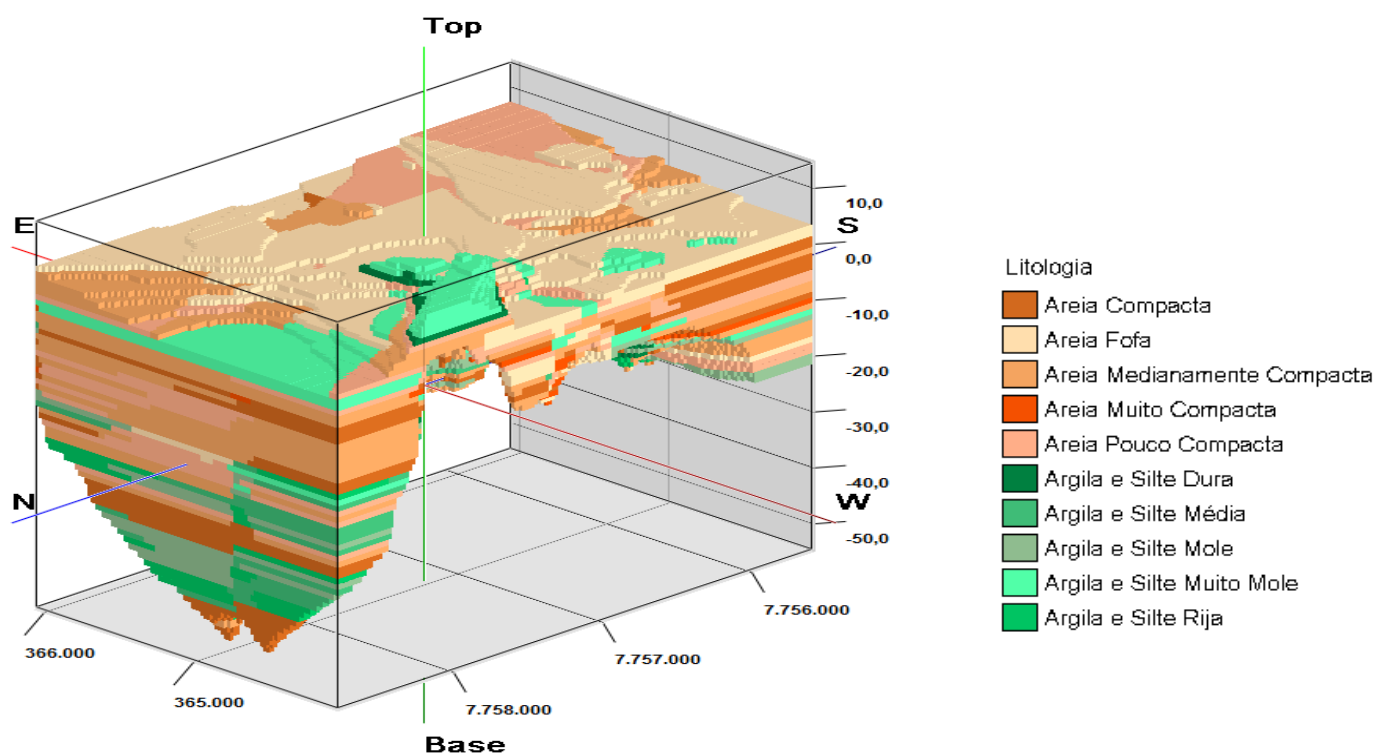
As figuras 115 a 119 representa o modelo litológico-03 encontrado com a reclassificação da litologia.

Figura 115 - Disposição das sondagens Vista NE-SW



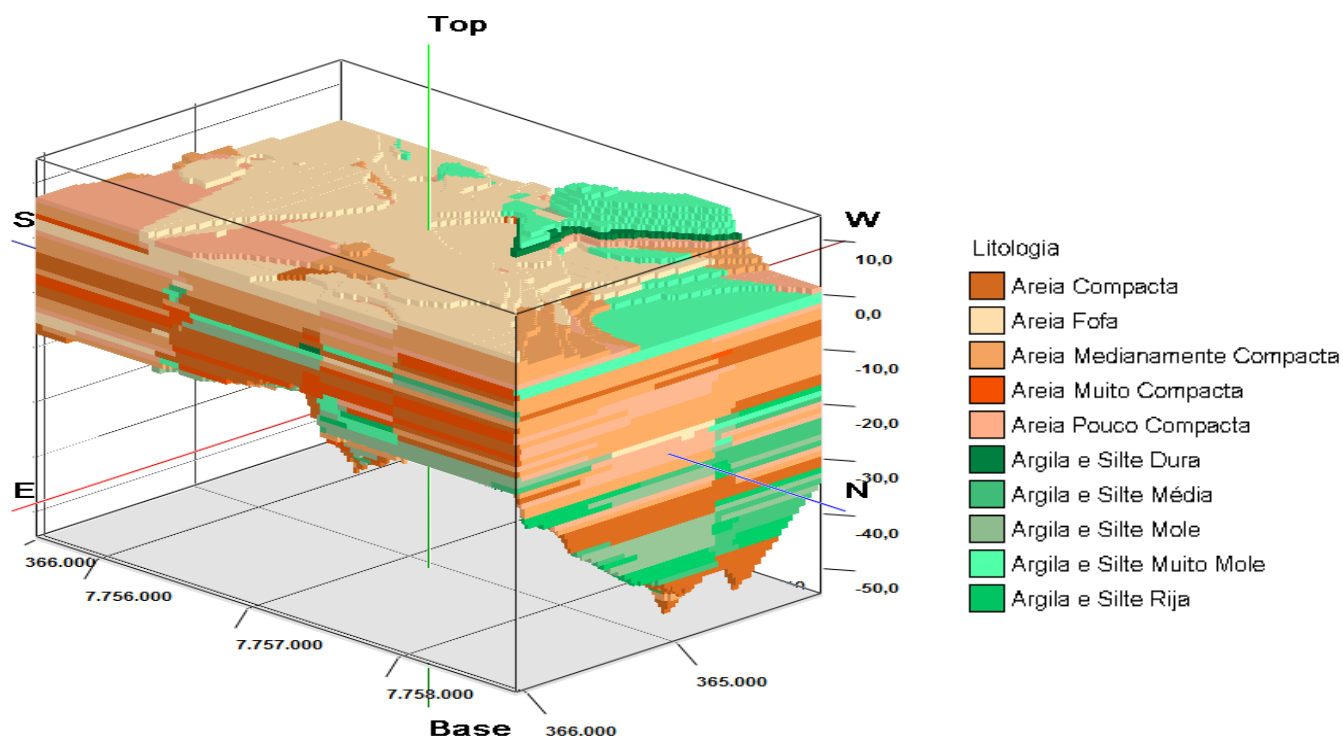
Fonte: Próprio Autor

Figura 116 - Modelo litológico-03 com vista NW-SE



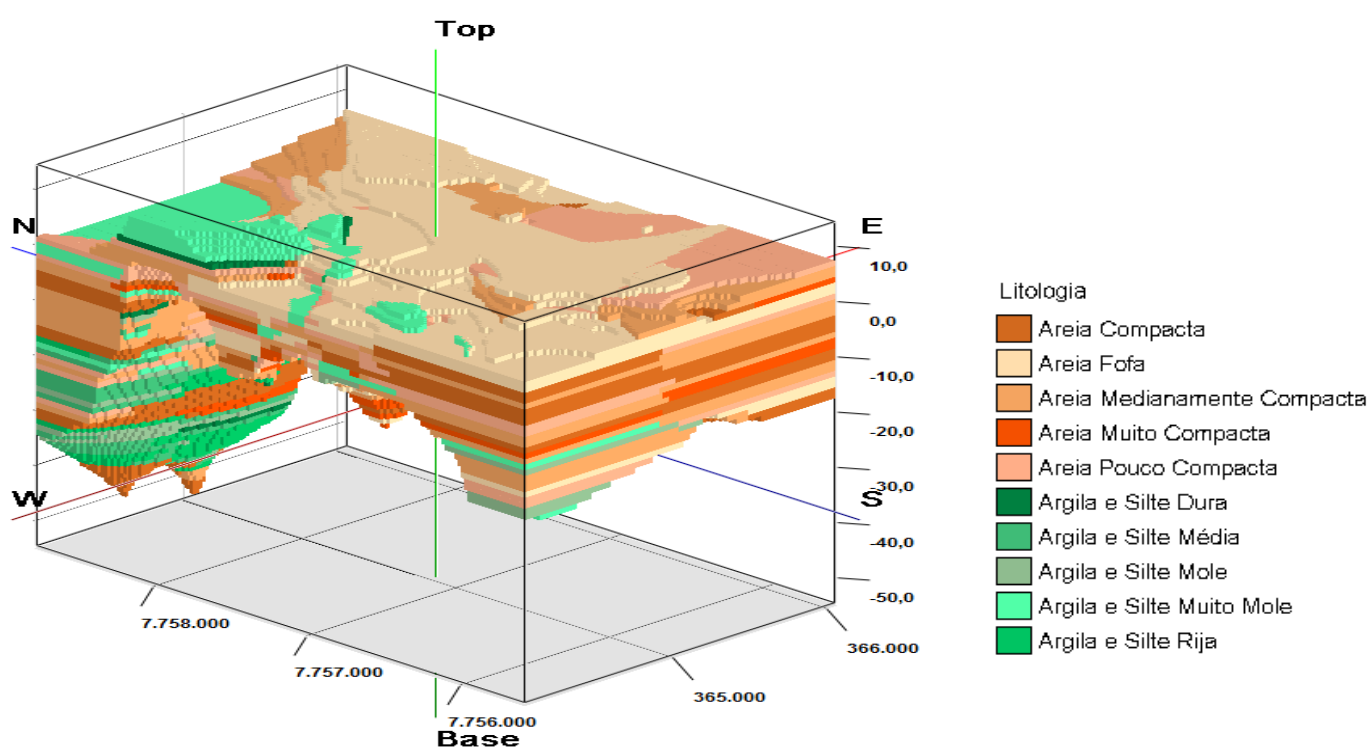
Fonte: Próprio Autor.

Figura 117 - Modelo litológico-03 com vista NE-SW



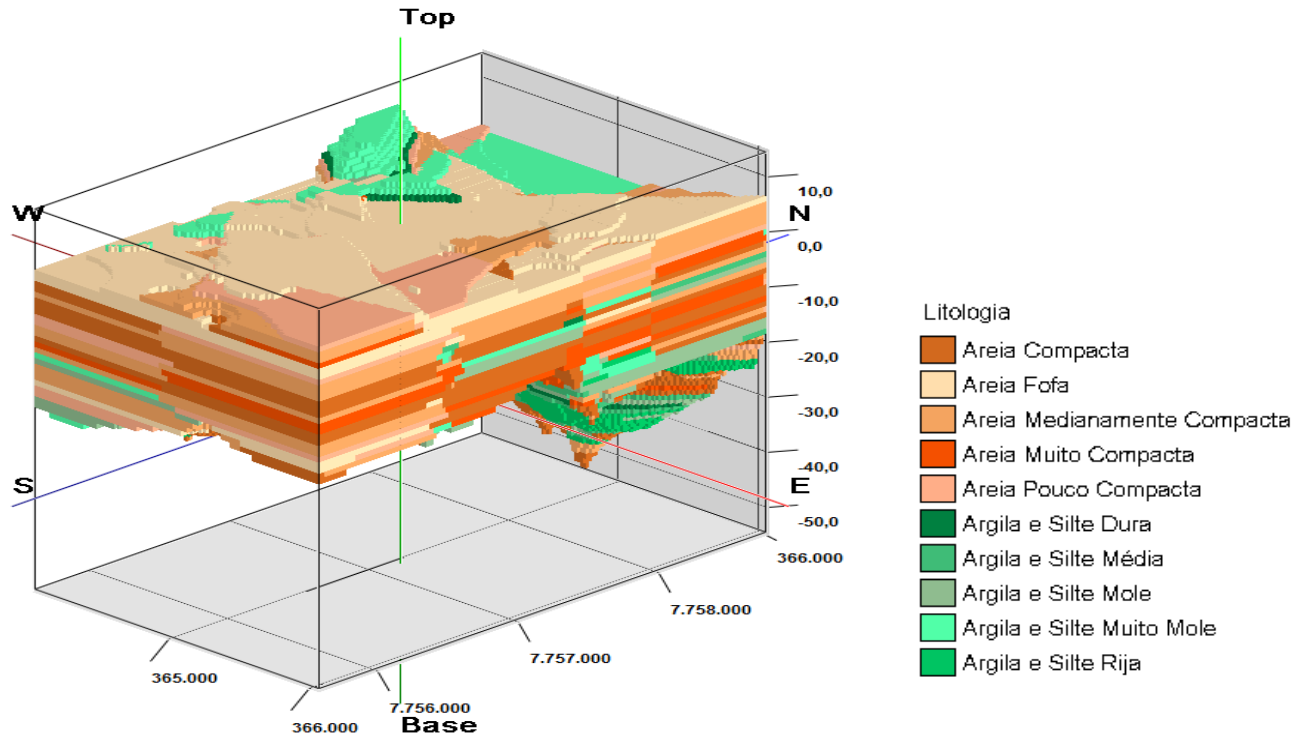
Fonte: Próprio Autor.

Figura 118 - Modelo litológico-03 com vista SW-NE



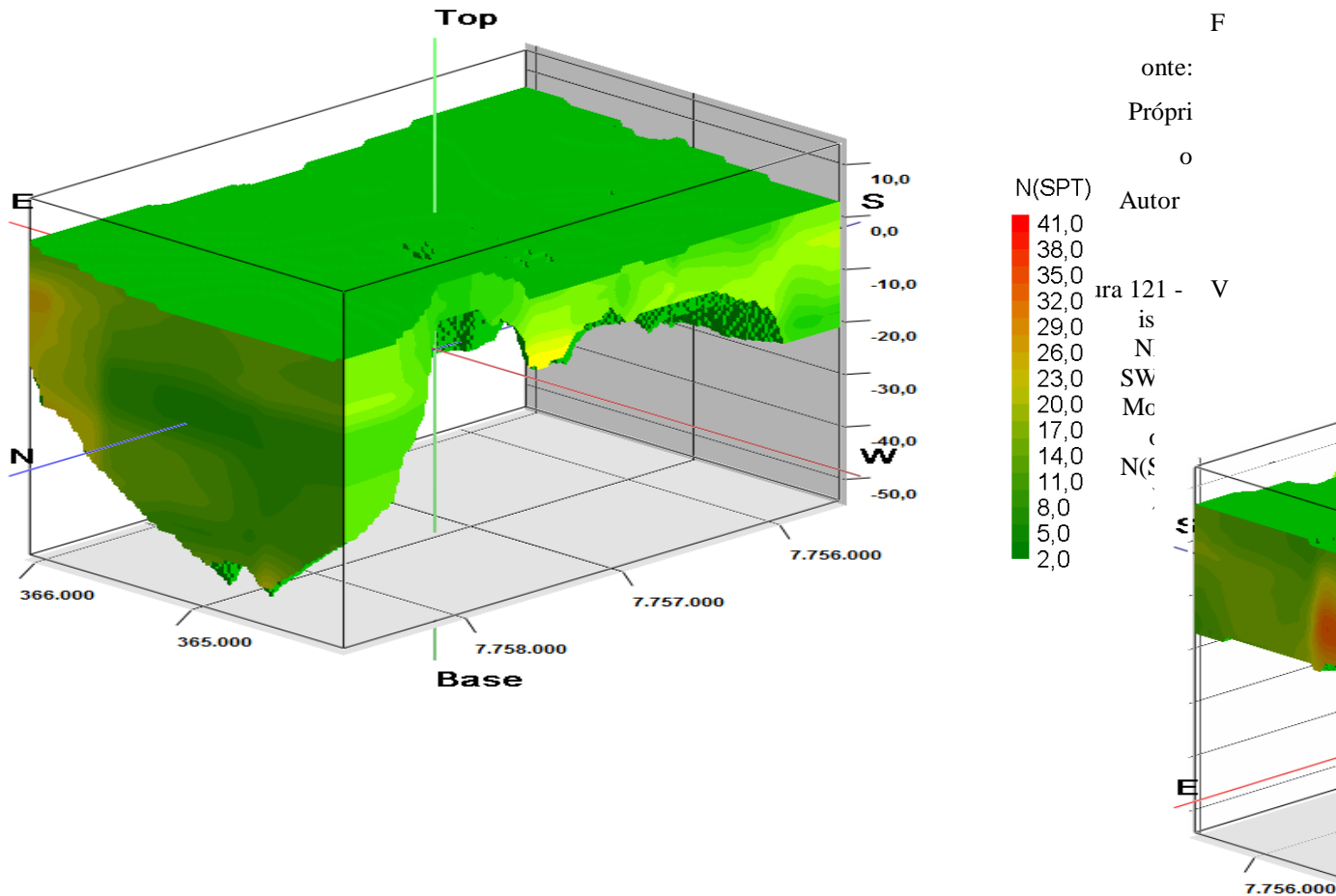
Fonte: Próprio Autor

Figura 119 - Modelo litológico-03 com vista SE-NW



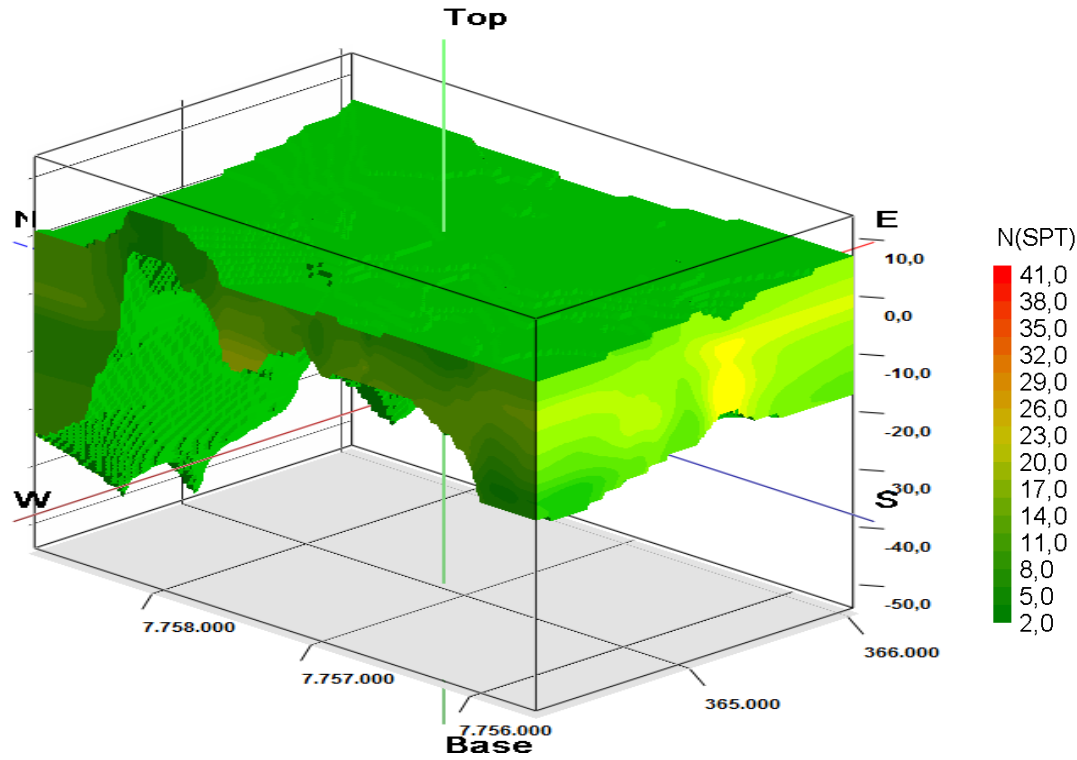
Fonte: Próprio Autor

Figura 120 - Vista NW-SE do Modelo N(SPT)



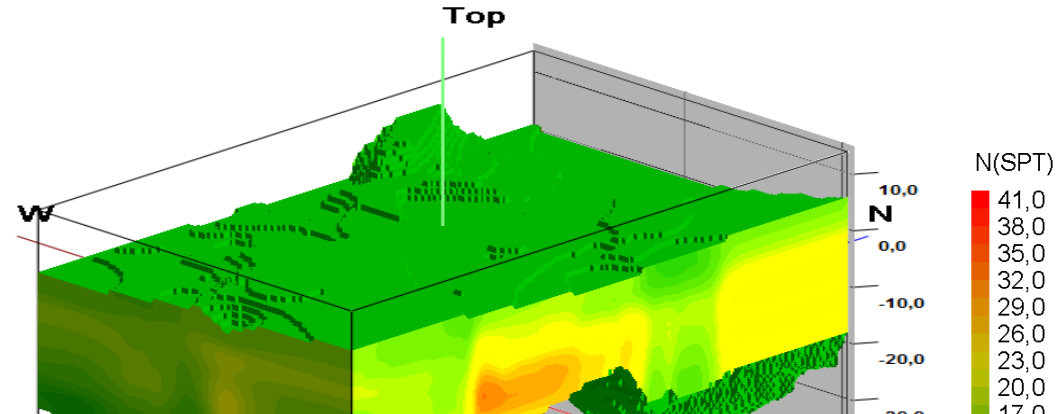
Fonte: Próprio Autor

Figura 122 - Vista SW-NE do Modelo N(SPT)



Fonte: Próprio Autor

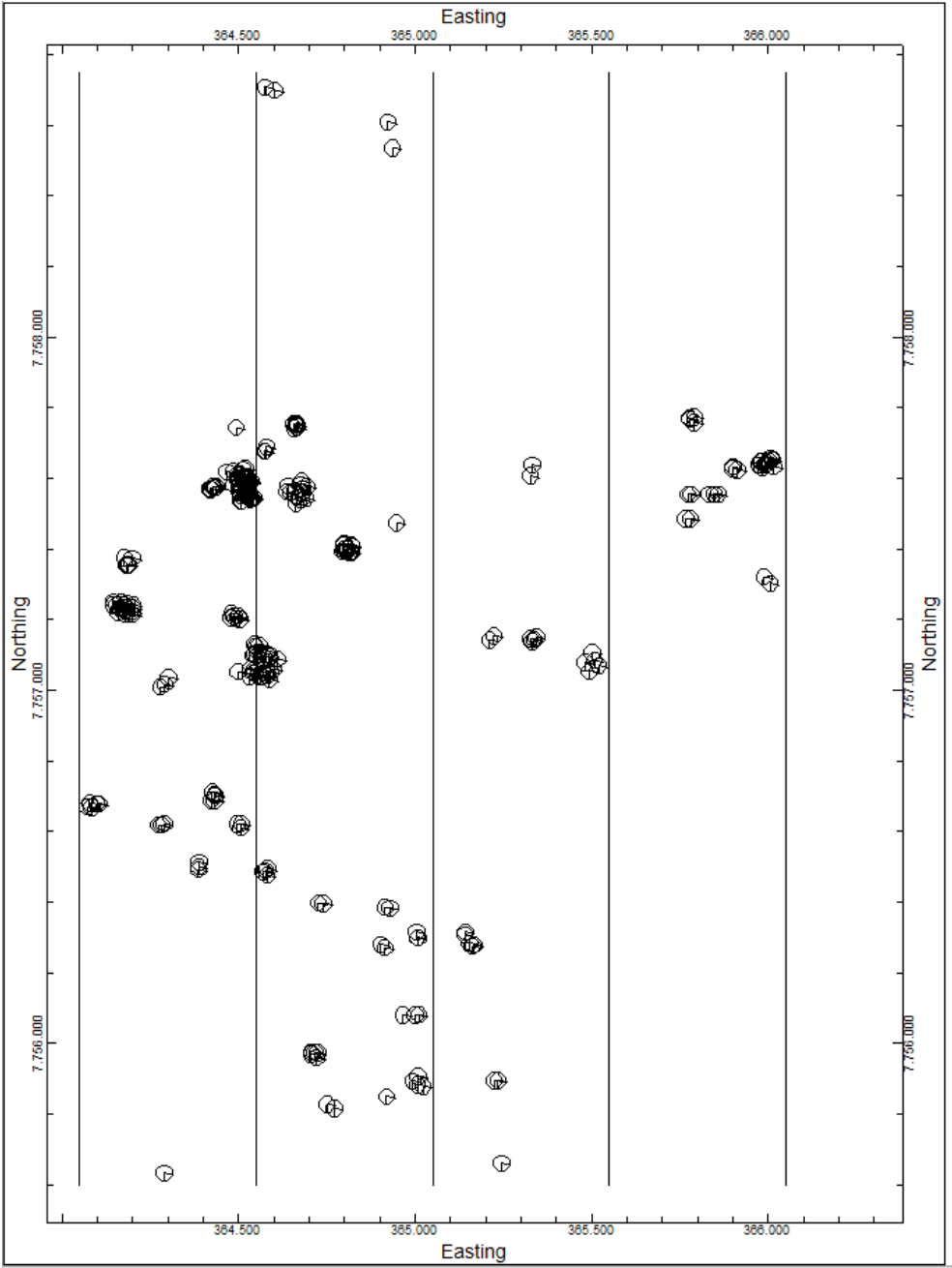
Figura 123 - Vista SE-NW do Modelo N(SPT)



Fonte: Próprio Autor

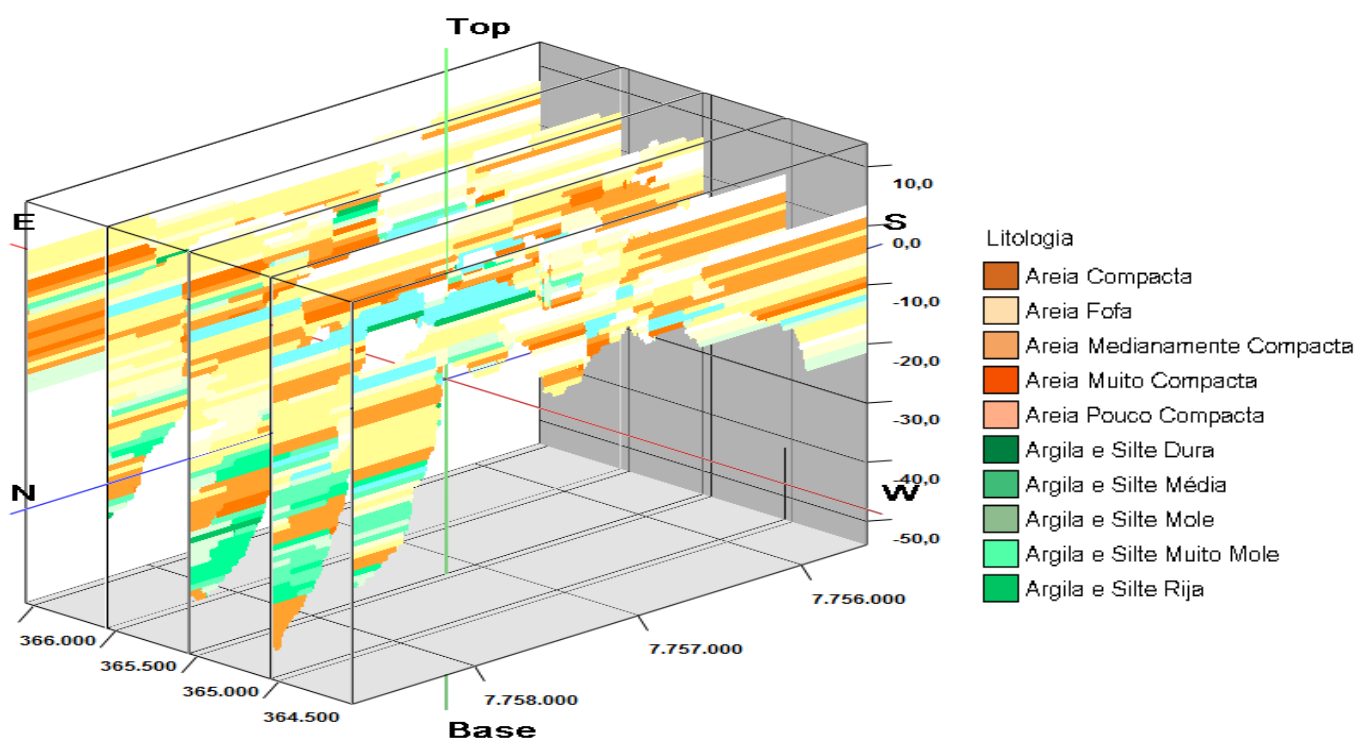
Para comparar os modelos litológicos-03 com o modelo NSPT foram criados alguns cortes. As figuras a seguir mostram a relação entre os modelos.

Figura 124 - Locação das seções longitudinais do modelo litológico-03 e N(SPT)



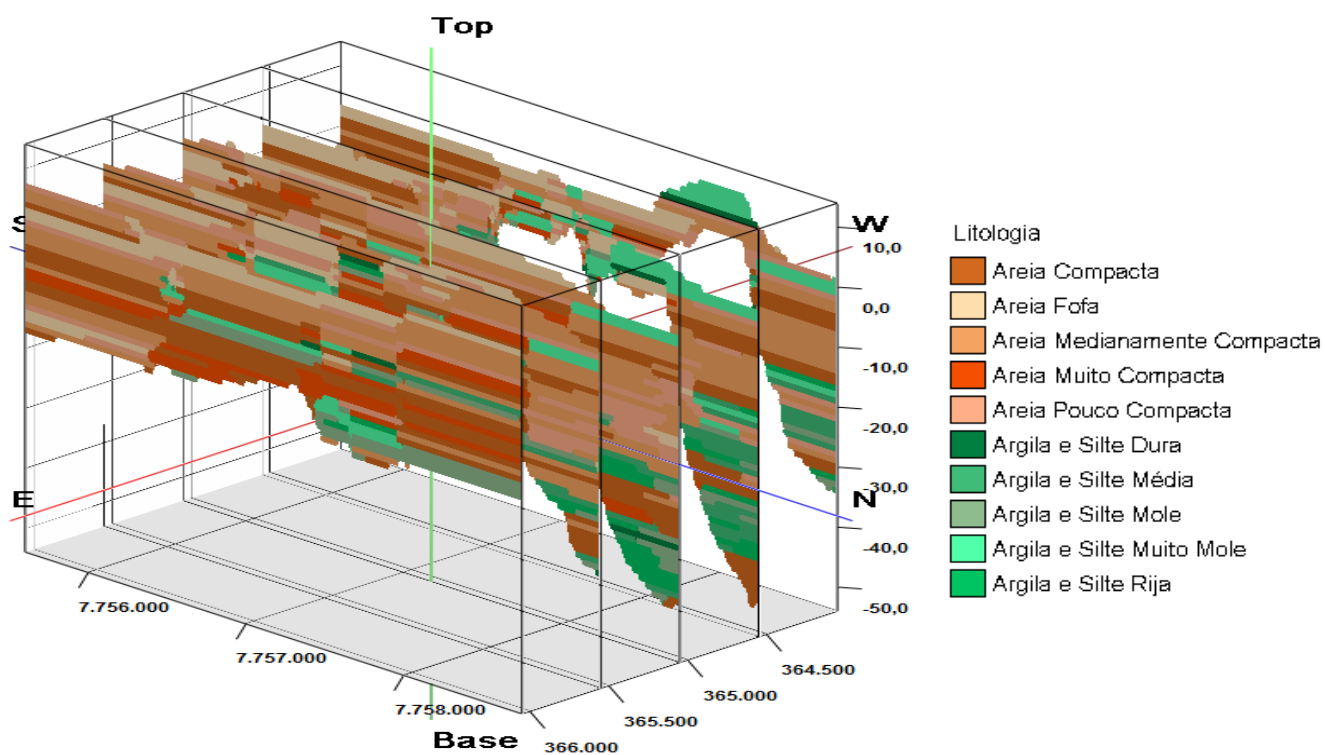
Fonte: Próprio Autor

Figura 125 - Vista NW-SE da seção longitudinal do modelo litológico-03



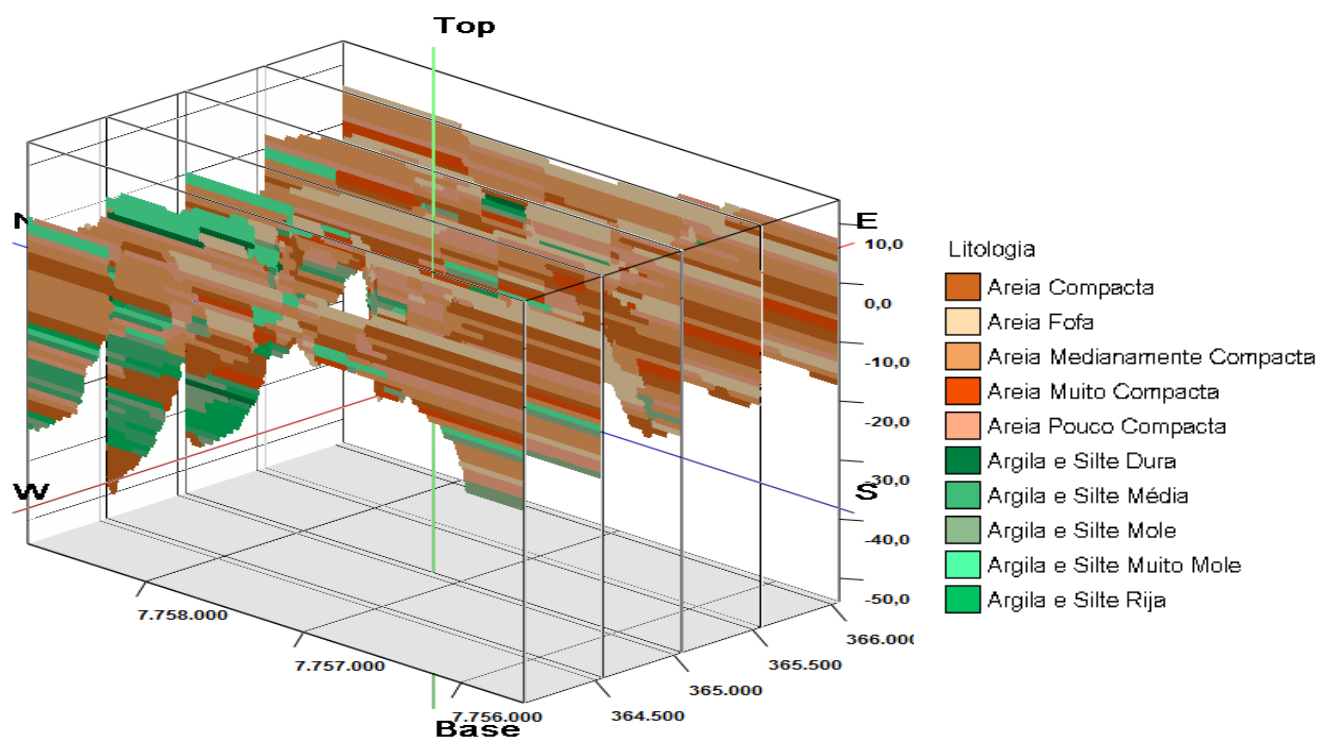
Fonte: Próprio Autor

Figura 126 - Vista NE-SW da seção longitudinal do modelo litológico-03



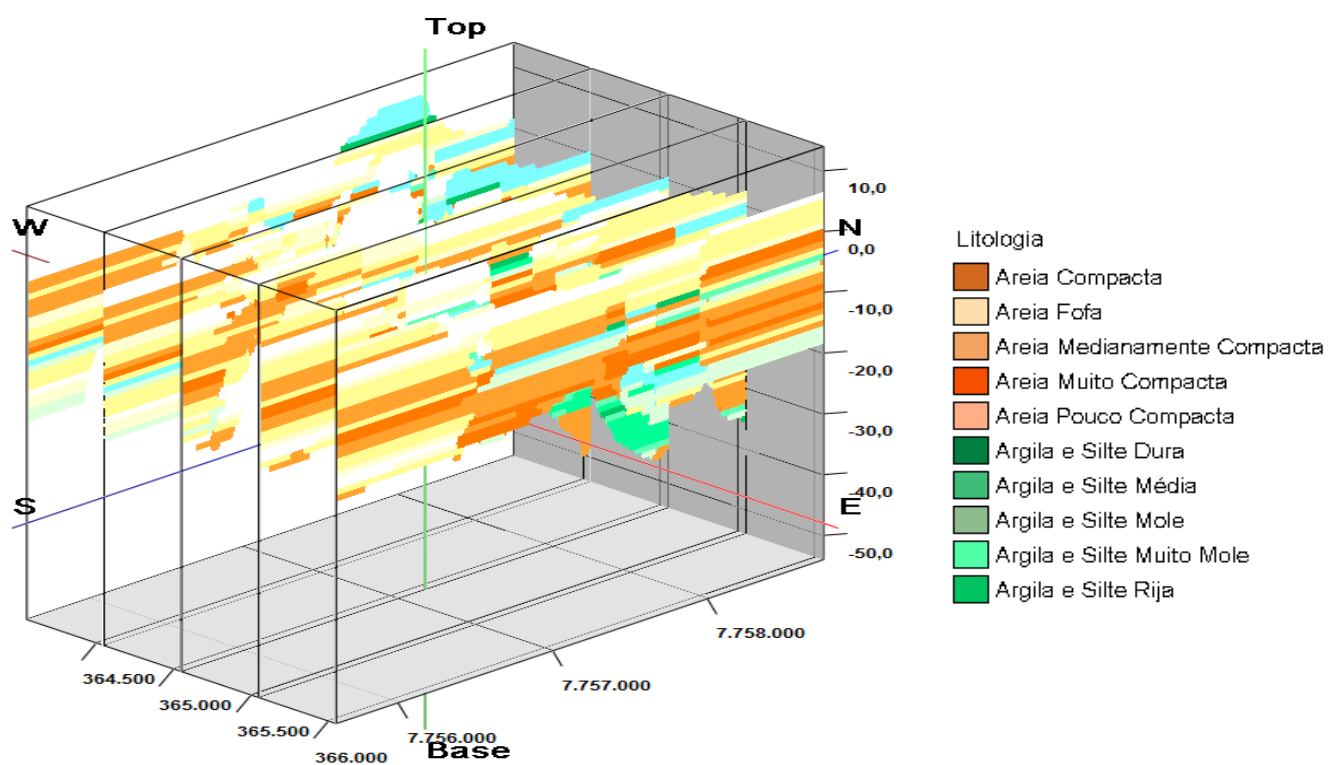
Fonte: Próprio Autor

Figura 127 - Vista SW-NE da seção longitudinal do modelo litológico-03



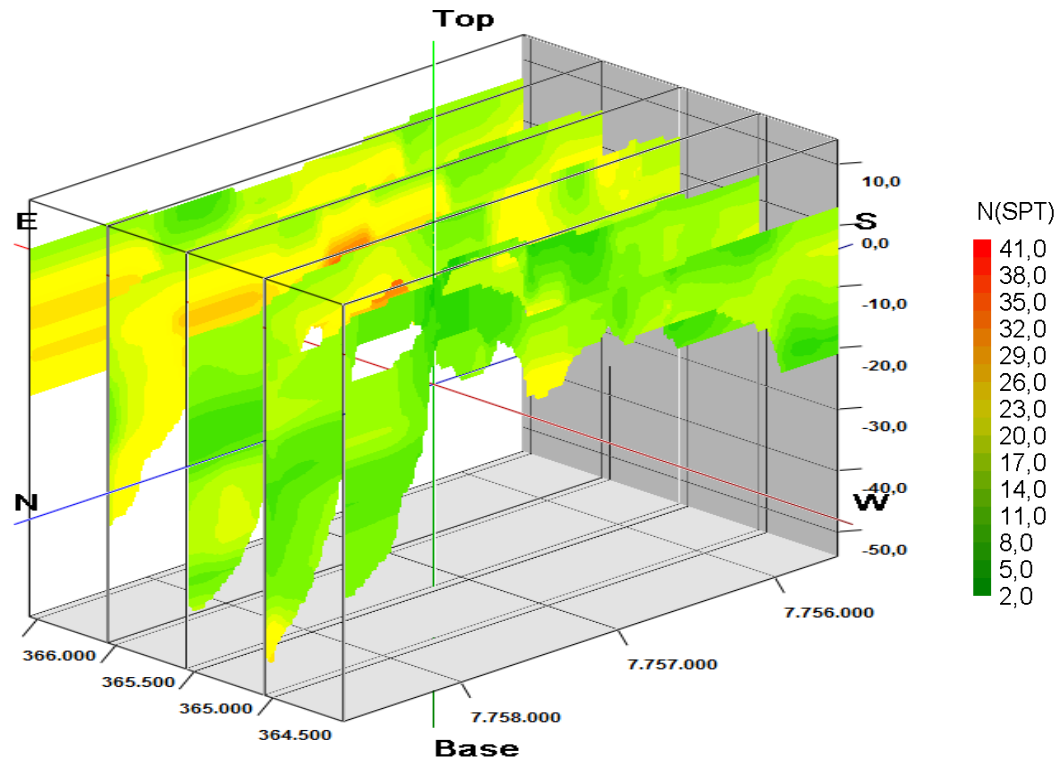
Fonte: Próprio Autor

Figura 128 - Vista SE-NW da seção longitudinal do modelo litológico-03



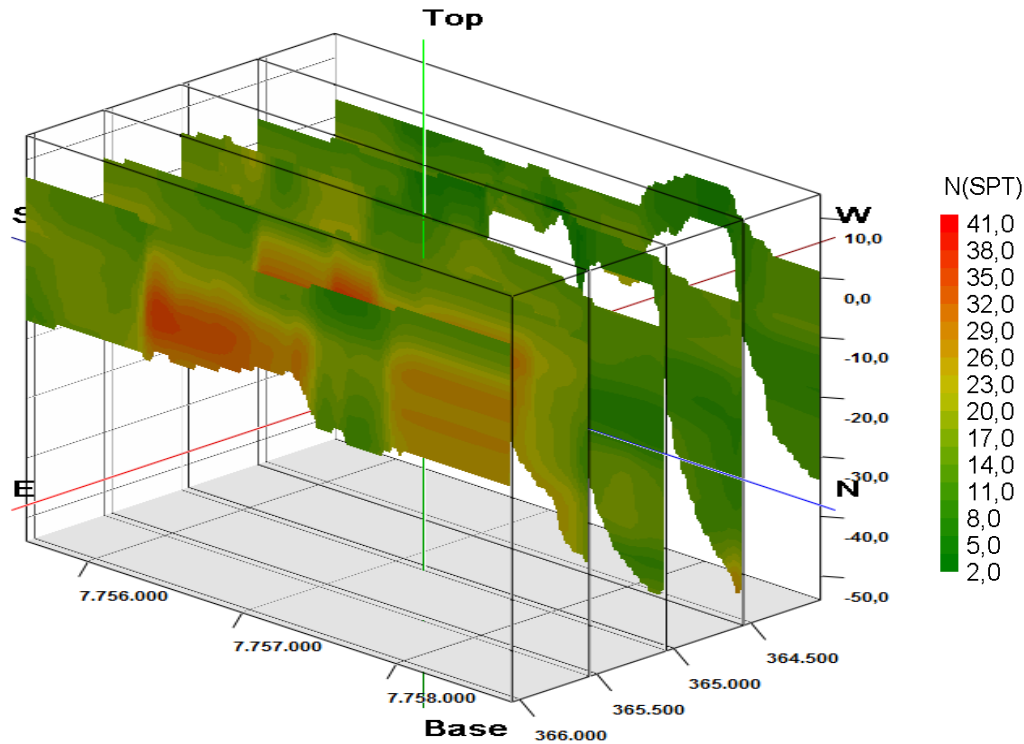
Fonte: Próprio Autor

Figura 129 - Vista NW-SE da seção longitudinal do modelo N(SPT)



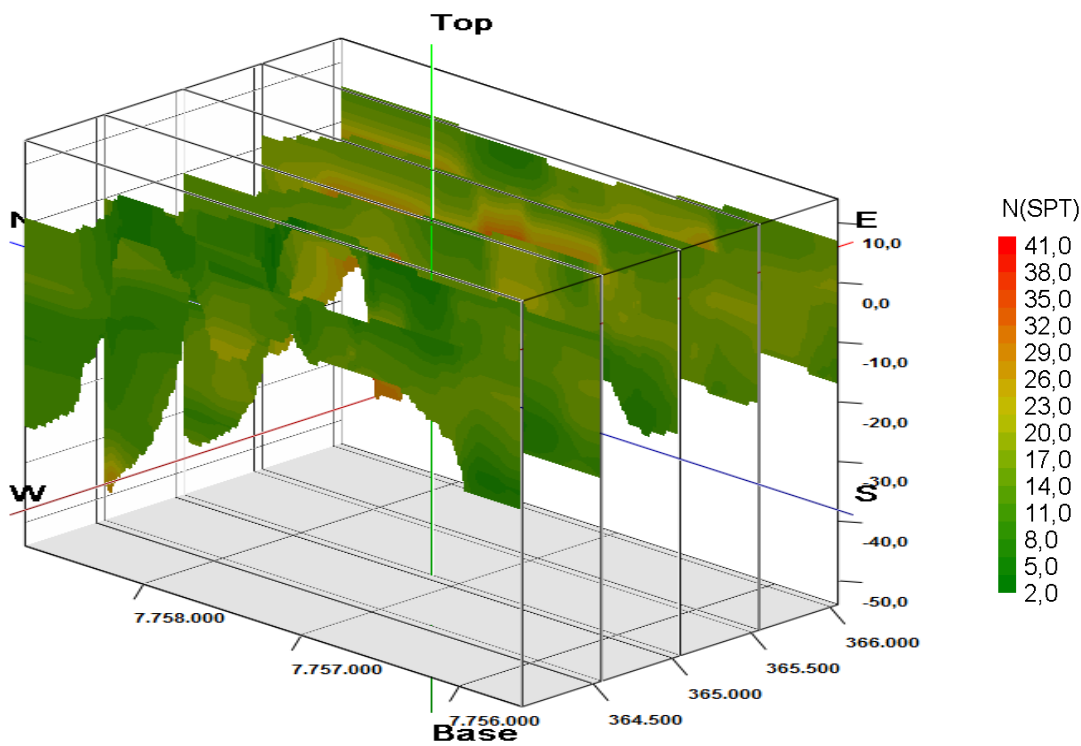
Fonte: Próprio Autor

Figura 130 - Vista NE-SW da seção longitudinal do modelo N(SPT)



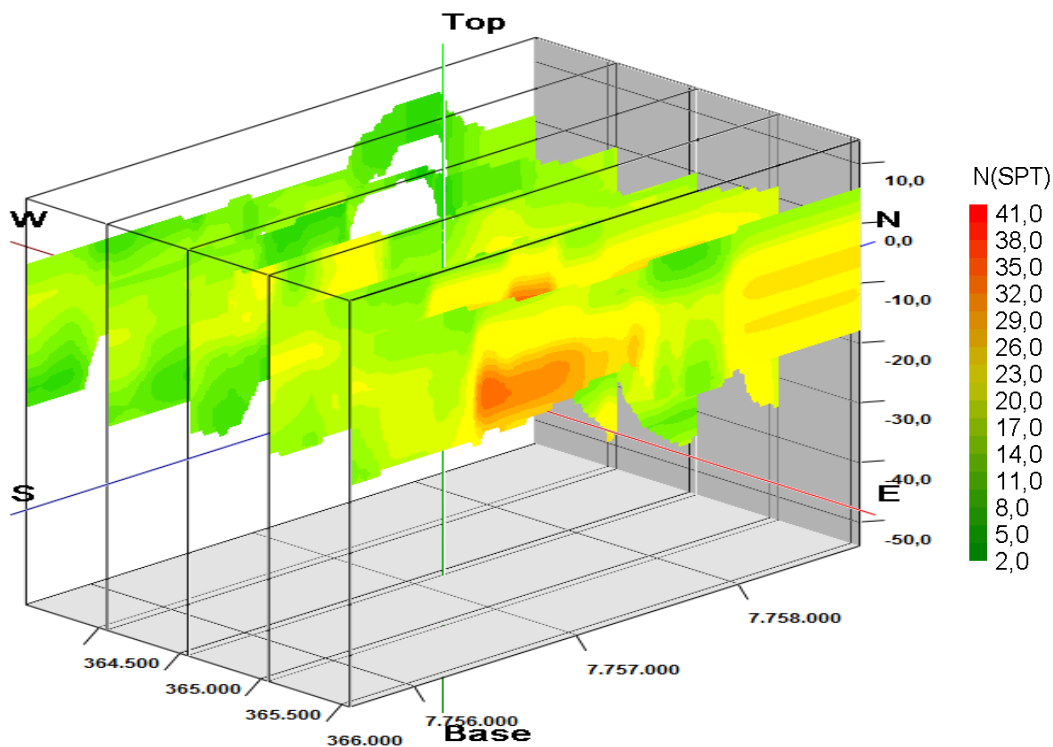
Fonte: Próprio Autor

Figura 131 - Vista SW-NE da seção longitudinal do modelo N(SPT)



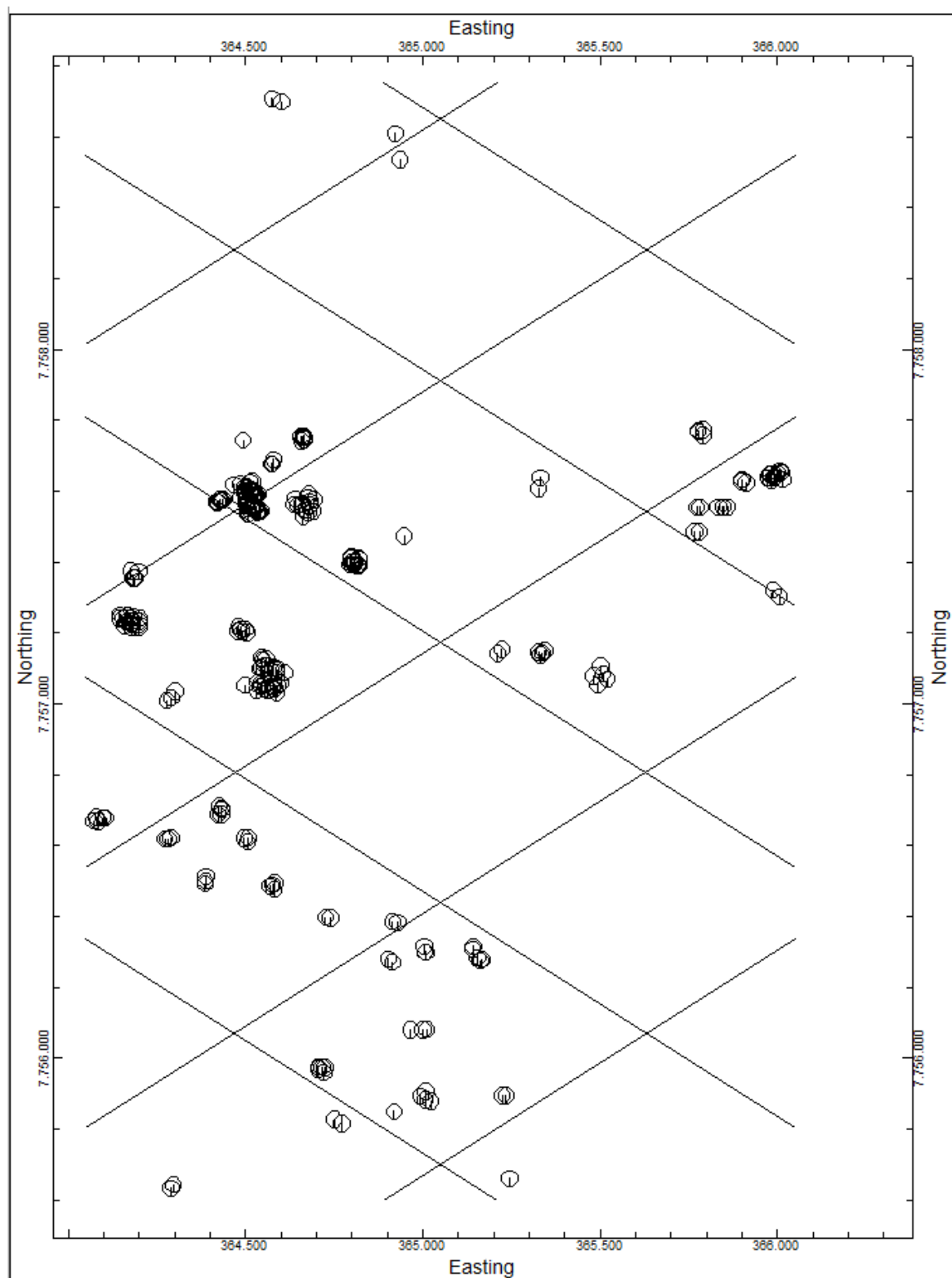
Fonte: Próprio Autor

Figura 132 - Vista SW-NE da seção longitudinal do modelo N(SPT)



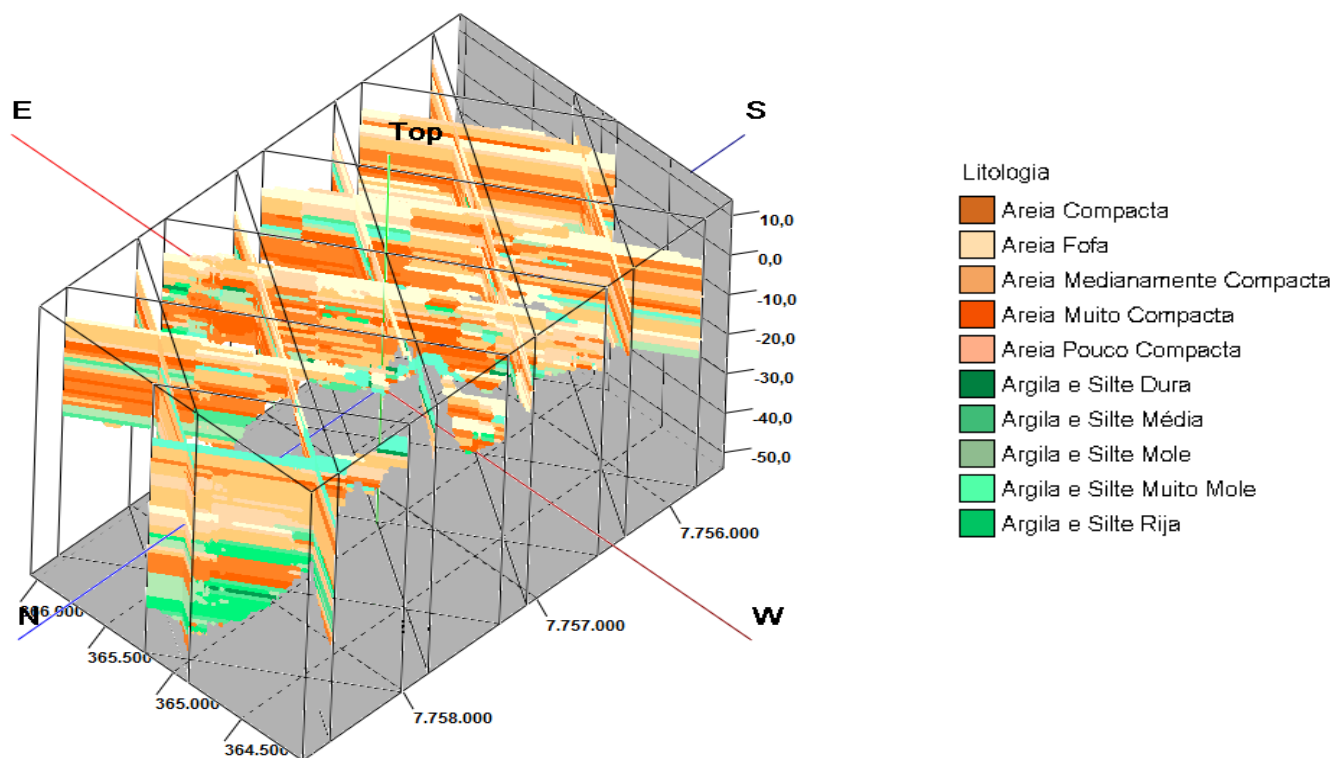
Fonte: Próprio Autor

Figura 133 - Localização das seções transversais do modelo litológico-03 e N(SPT)



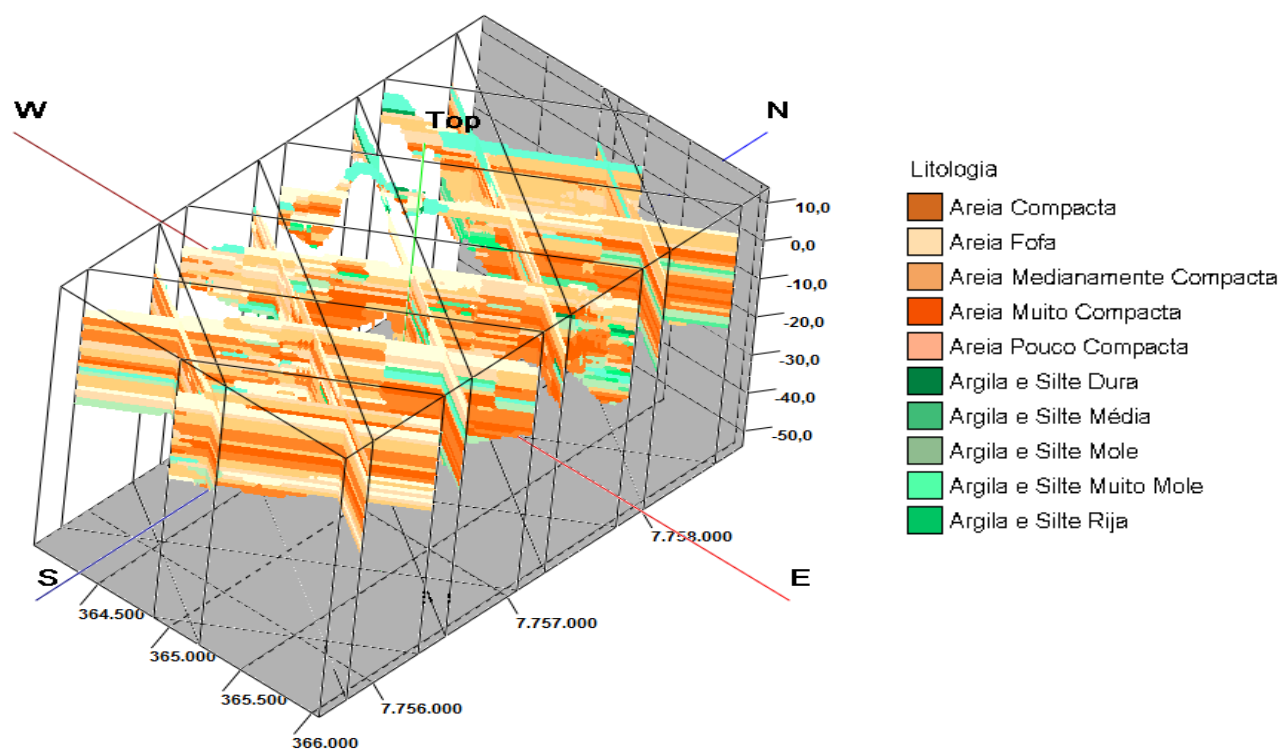
Fonte: Próprio Autor

Figura 134 - Vista NW-SE da seção transversal do modelo litológico-03



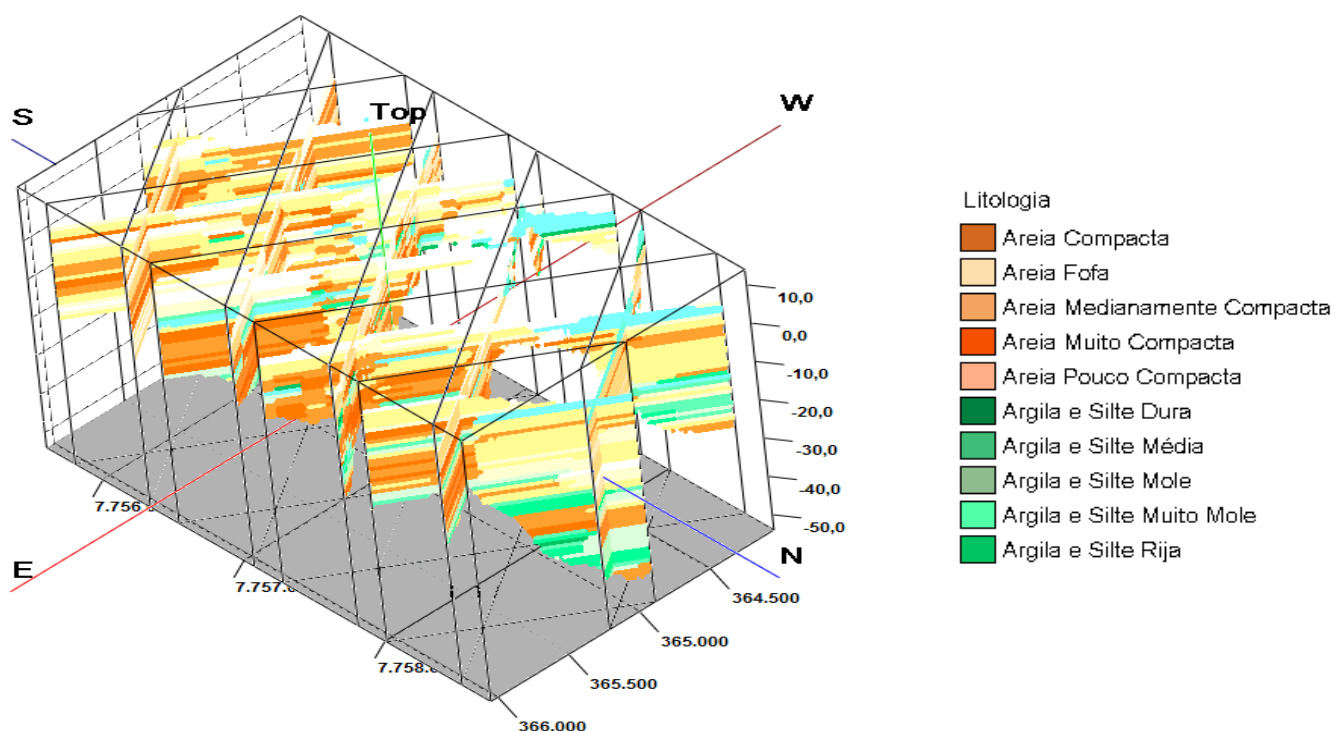
Fonte: Próprio Autor

Figura 135 - Vista SE-NW da seção transversal do modelo litológico-03



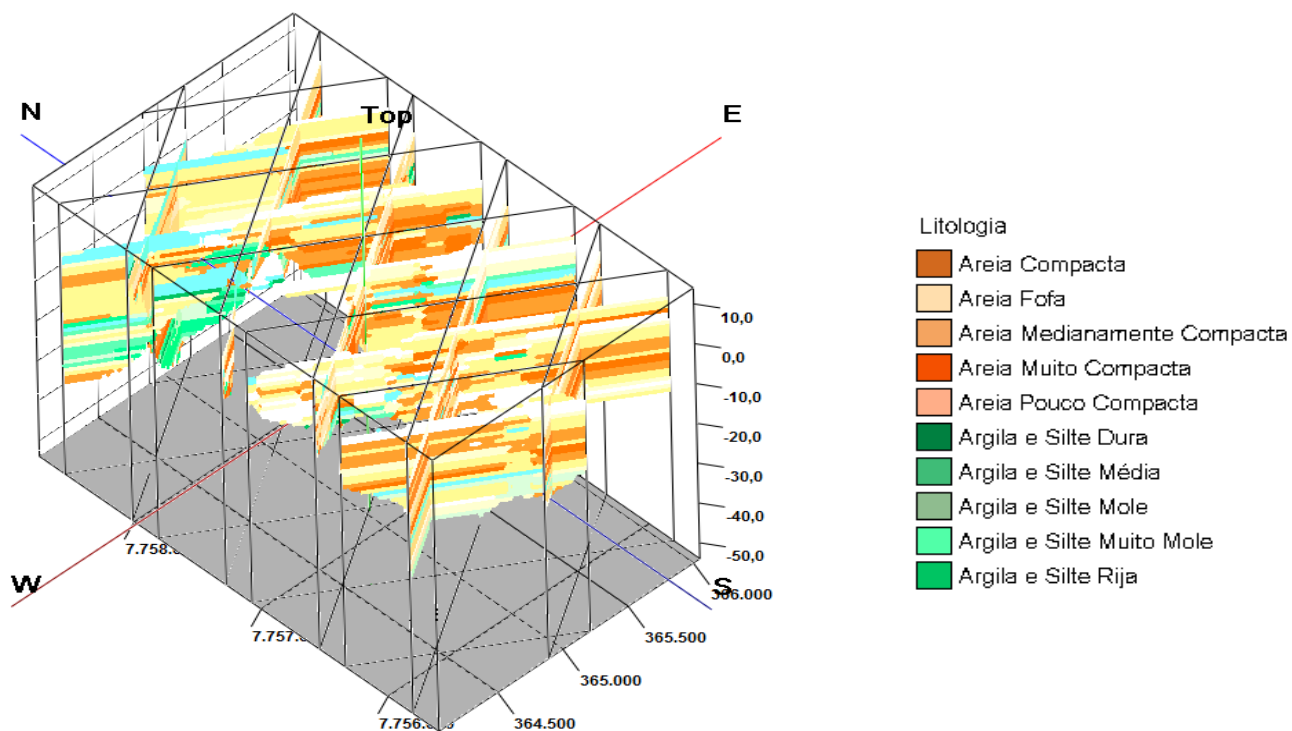
Fonte: Próprio Autor

Figura 136 - Vista NW-SE da seção transversal do modelo litológico-03



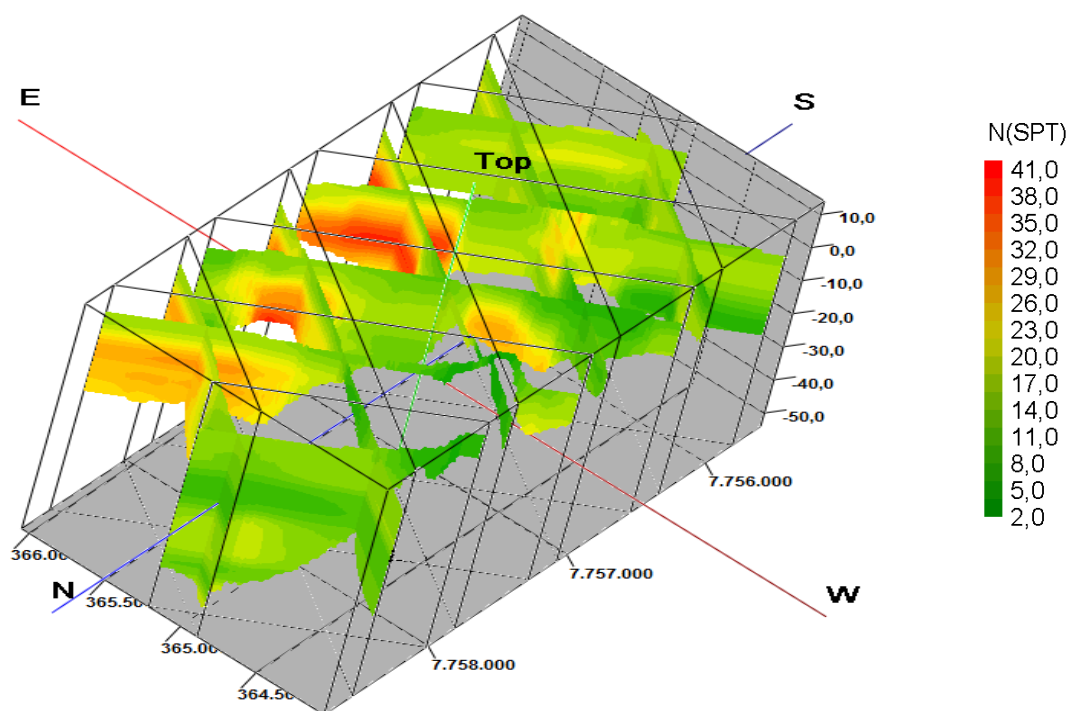
Fonte: Próprio Autor

Figura 137 - Vista SW-NE da seção transversal do modelo litológico-03



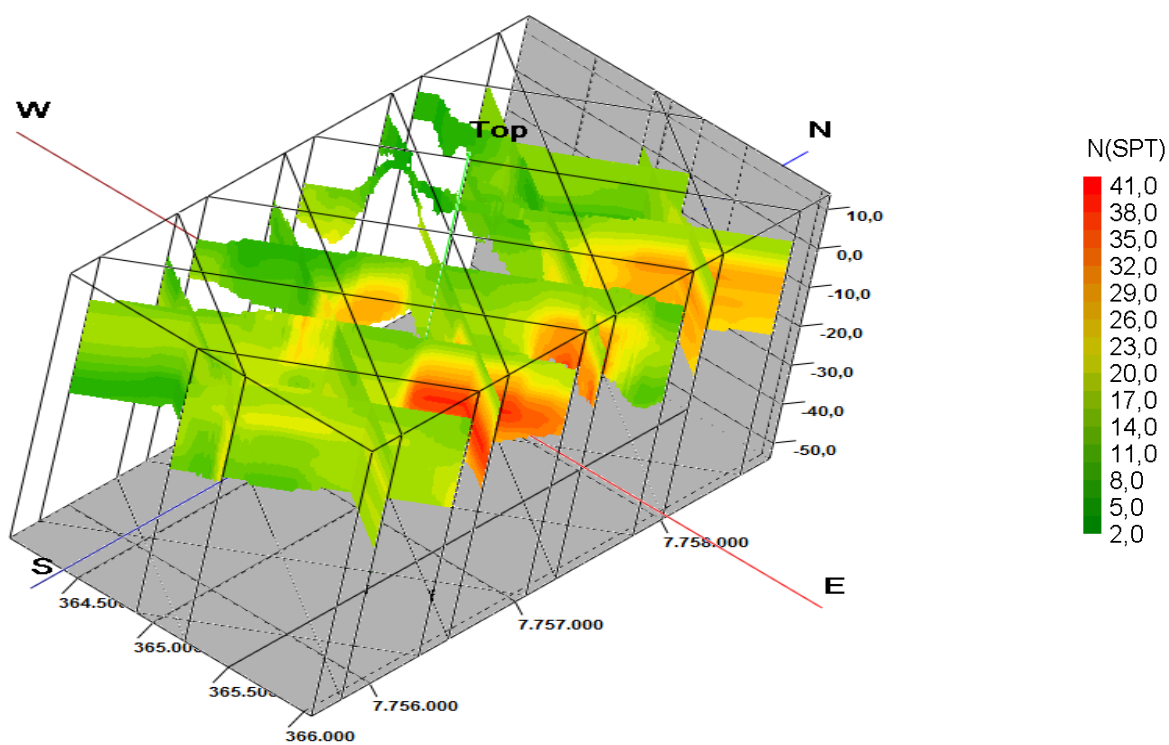
Fonte: Próprio Autor

Figura 138 - Vista NE-SW da seção transversal do modelo N(SPT)



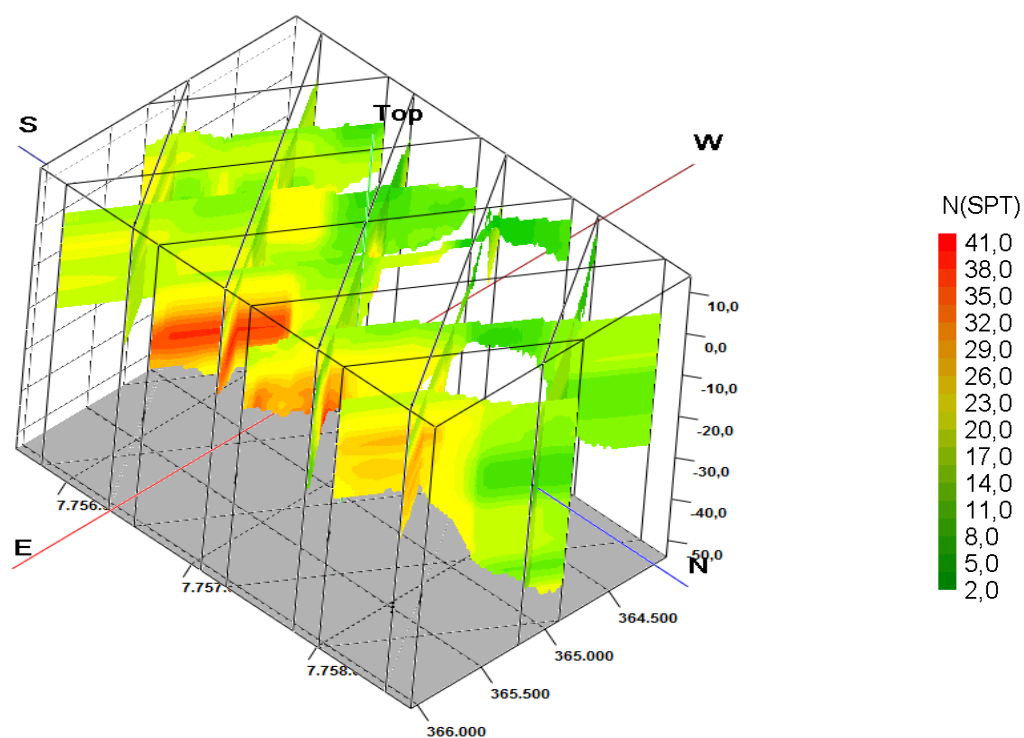
Fonte: Próprio Autor

Figura 139 - Vista SE-NW da seção transversal do modelo N(SPT)



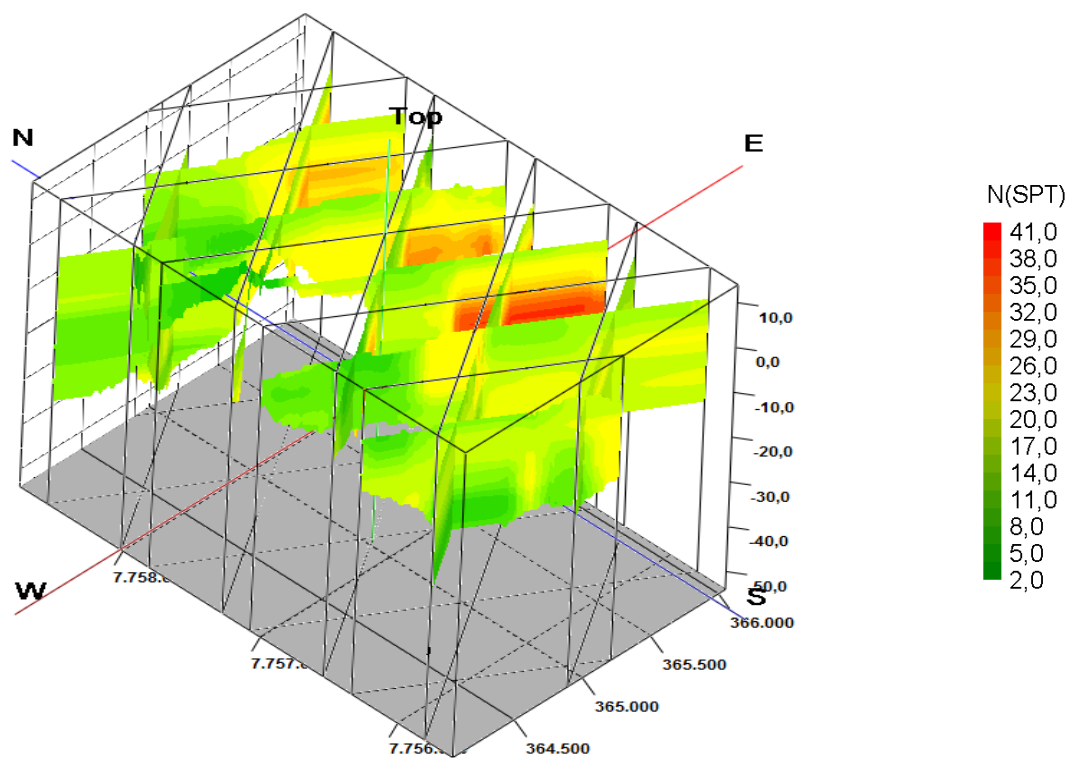
Fonte: Próprio Autor

Figura 140 - Vista NW-SE da seção transversal do modelo N(SPT)



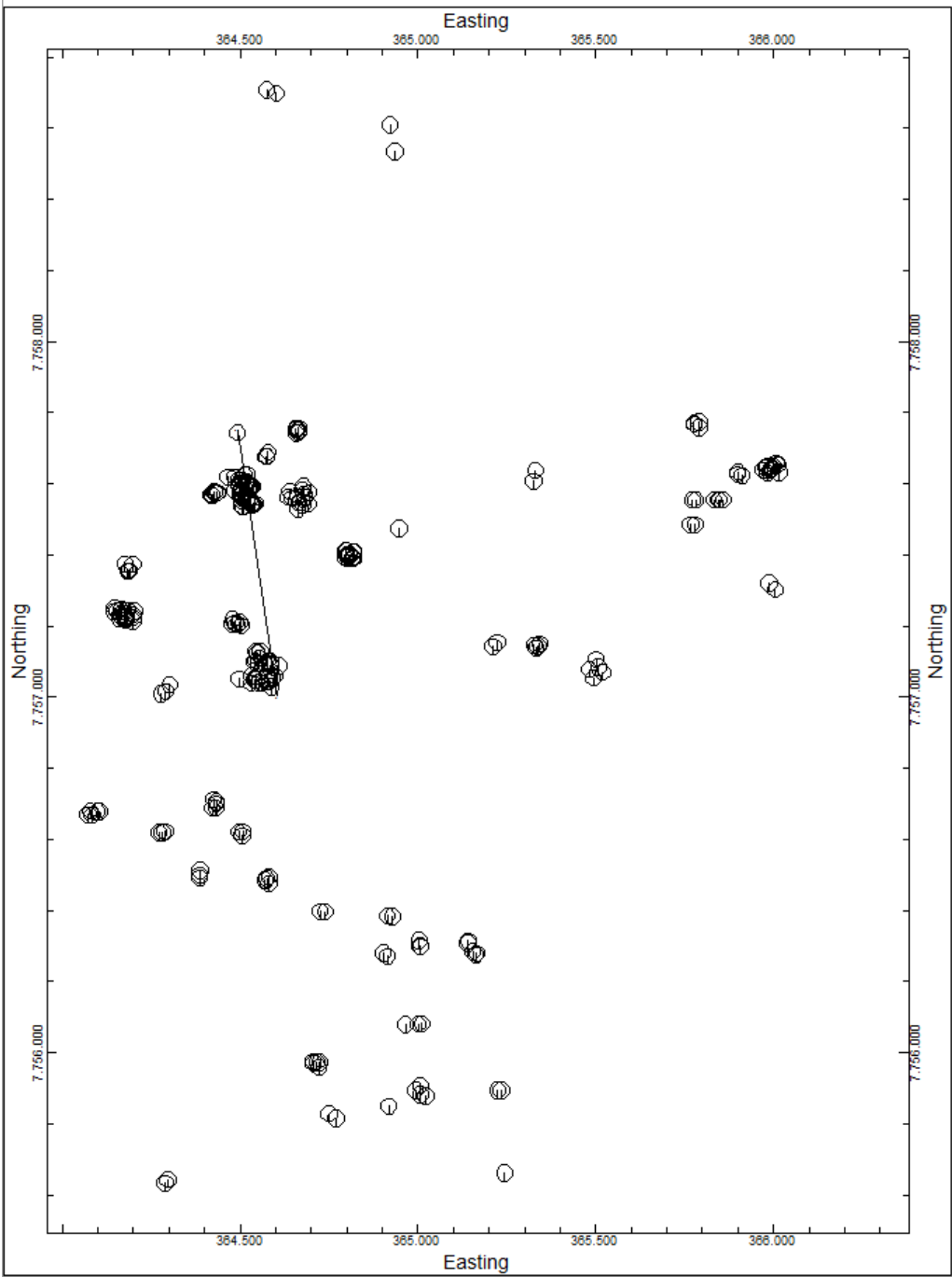
Fonte: Próprio Autor

Figura 141 - Vista SW-NE da seção transversal do modelo N(SPT)



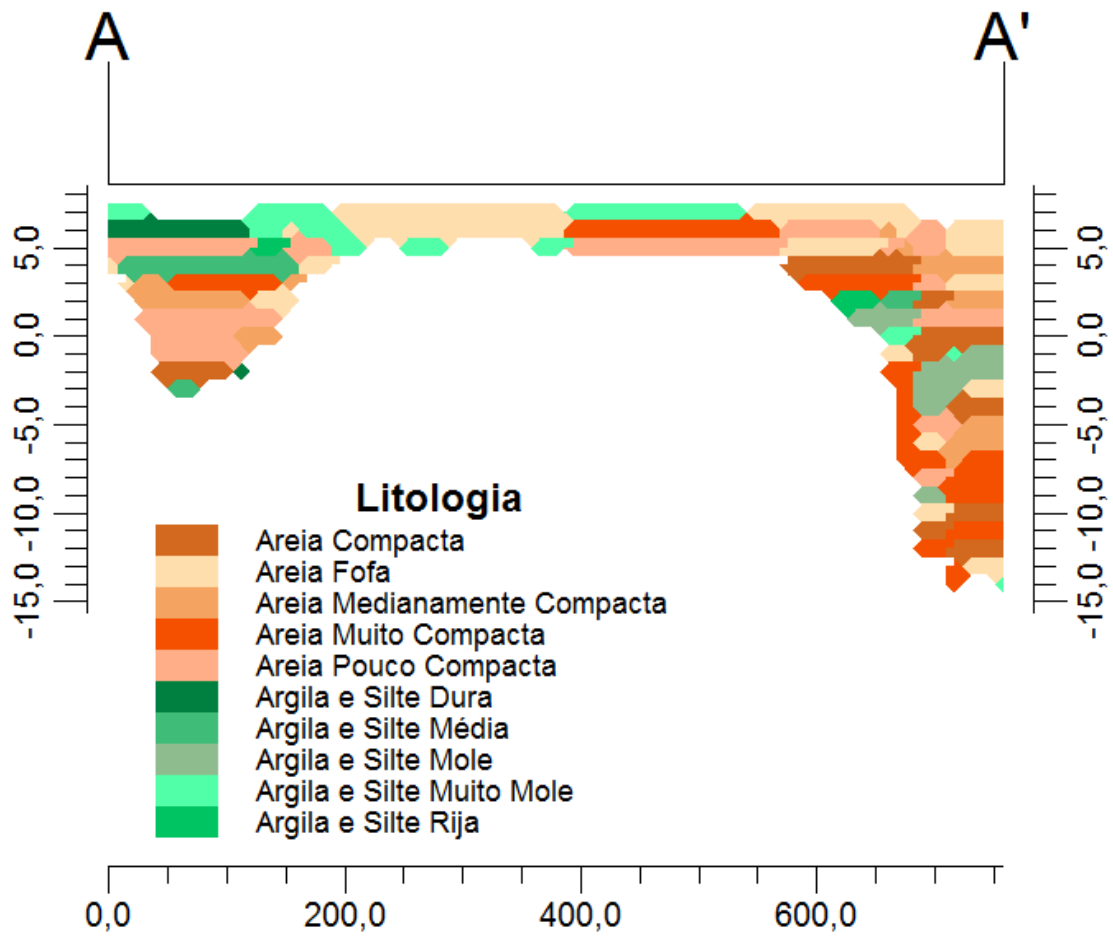
Fonte: Próprio Autor

Figura 142 - Mapa de localização do caminhamento A-A01'



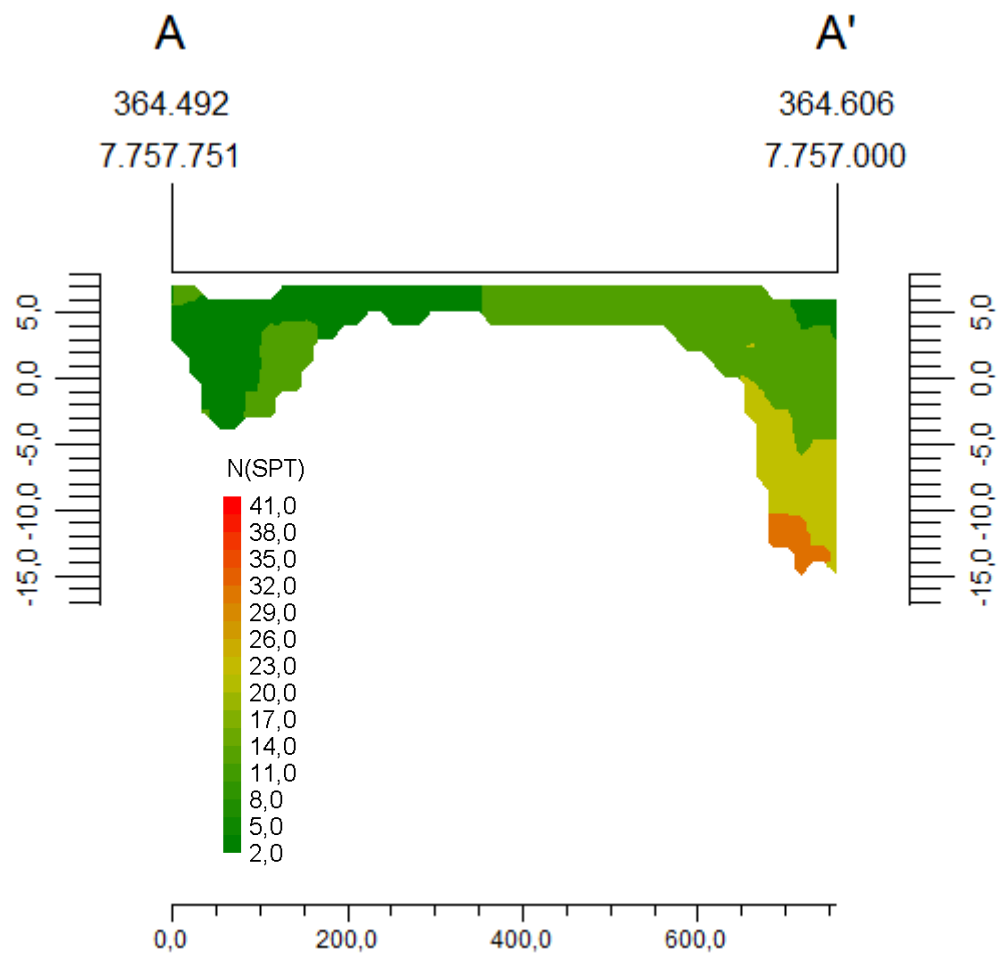
Fonte: Próprio Autor

Figura 143 - Seção A-A01' litológico-03



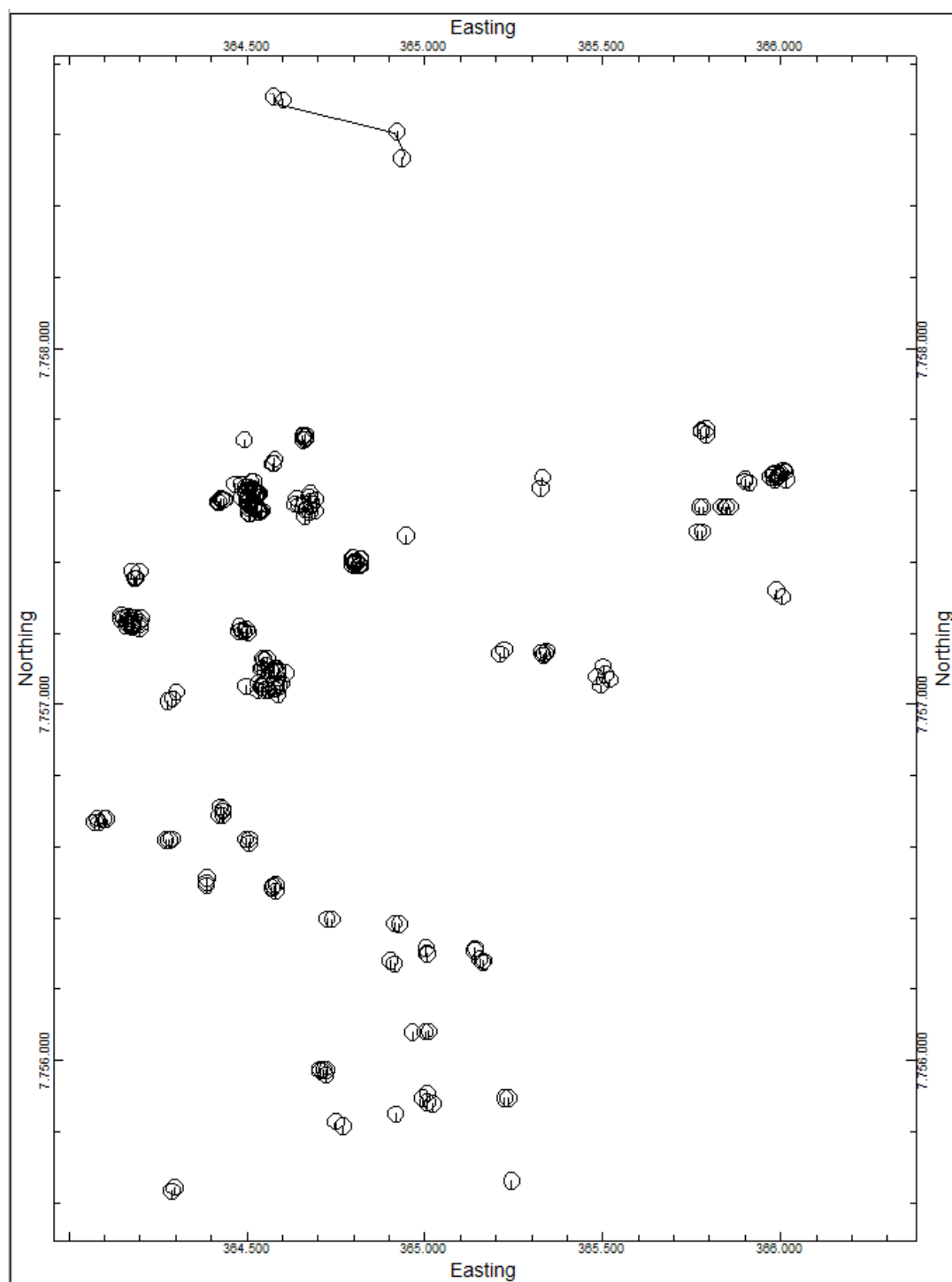
Fonte: Próprio Autor

Figura 144 - Seção A-A01' N(SPT)



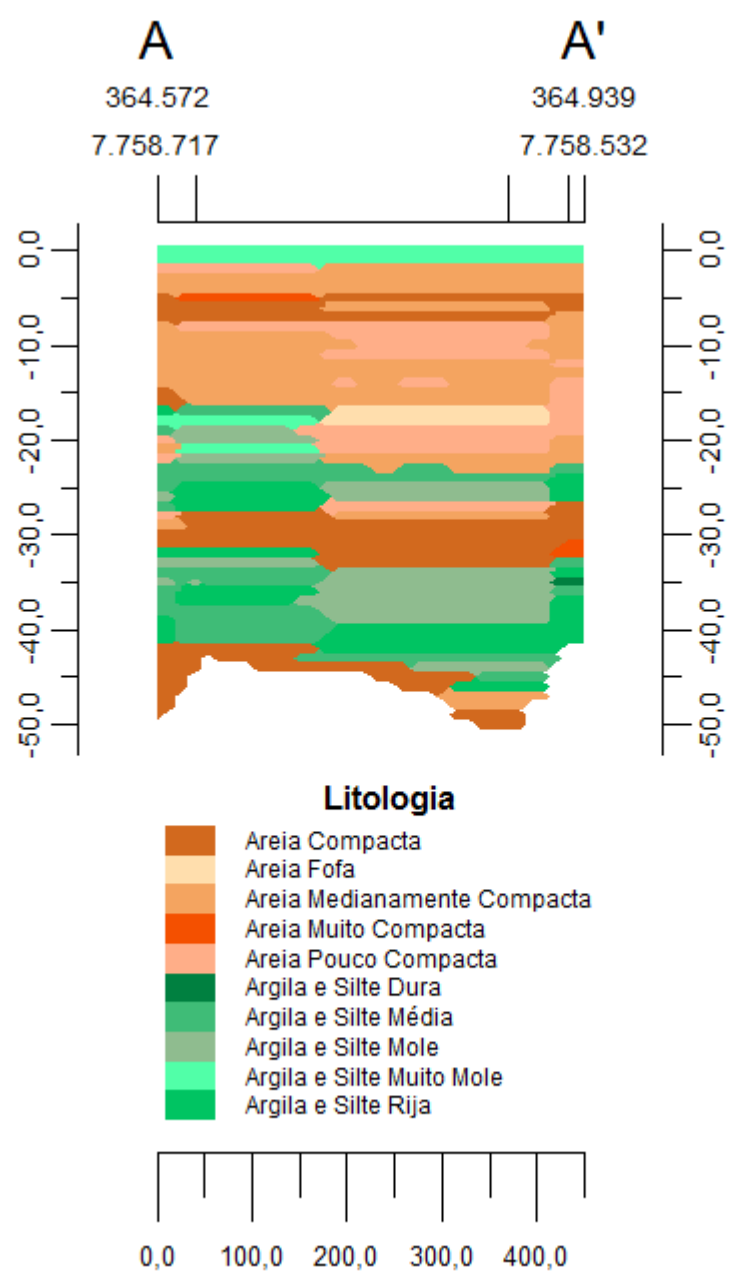
Fonte: Próprio Autor

Figura 145 - Mapa de localização do caminhamento A-A02'



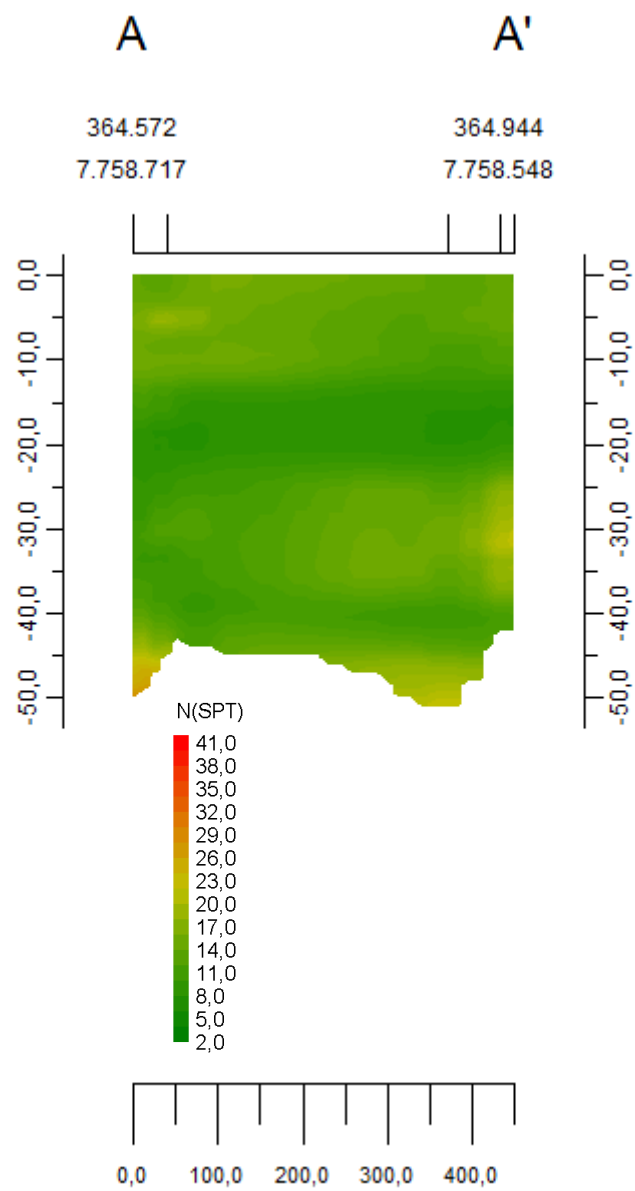
Fonte: Próprio Autor

Figura 146 - Seção A-A02' litológico-03



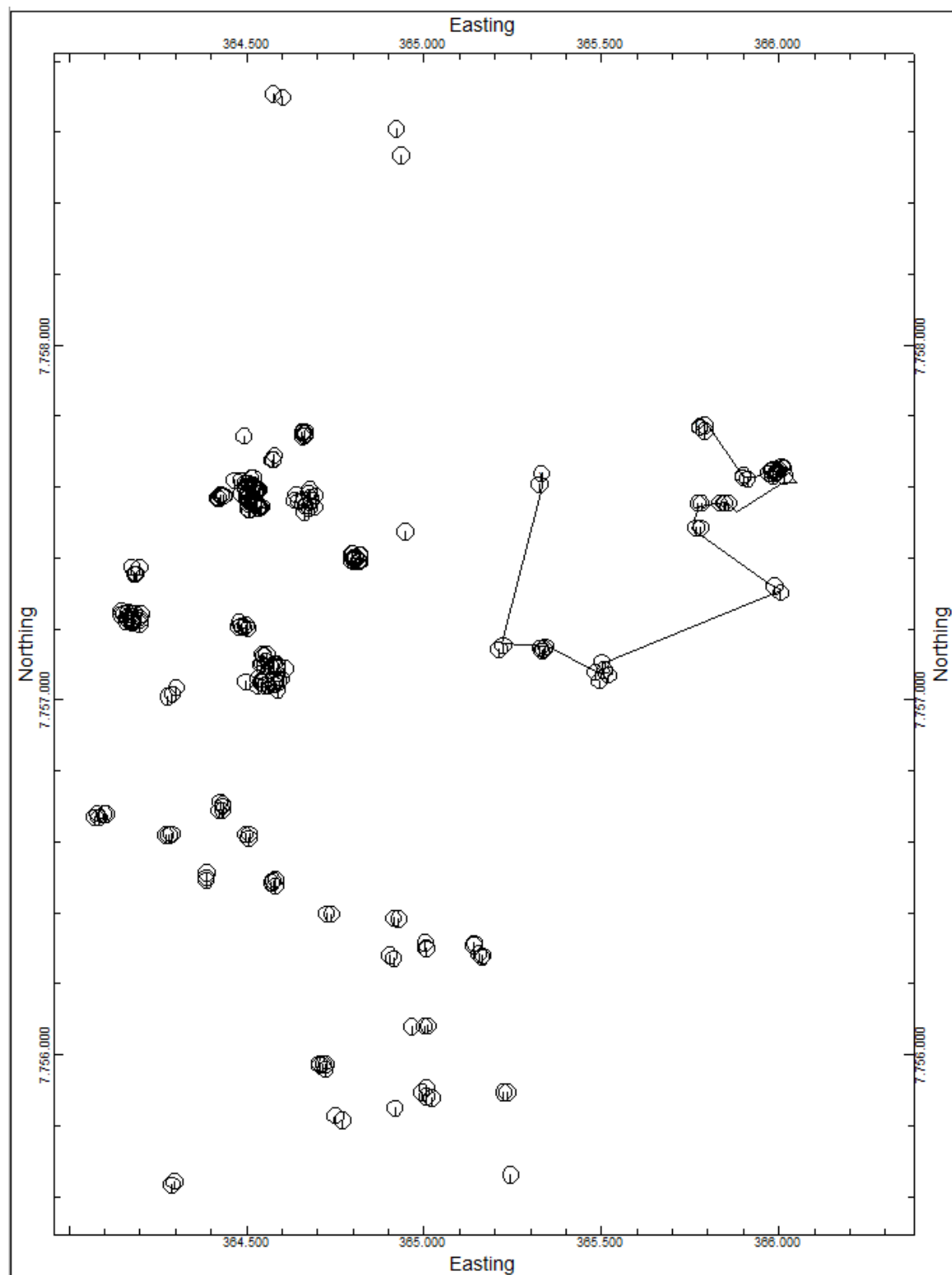
Fonte: Próprio Autor

Figura 147 - Seção A-A02' N(SPT)



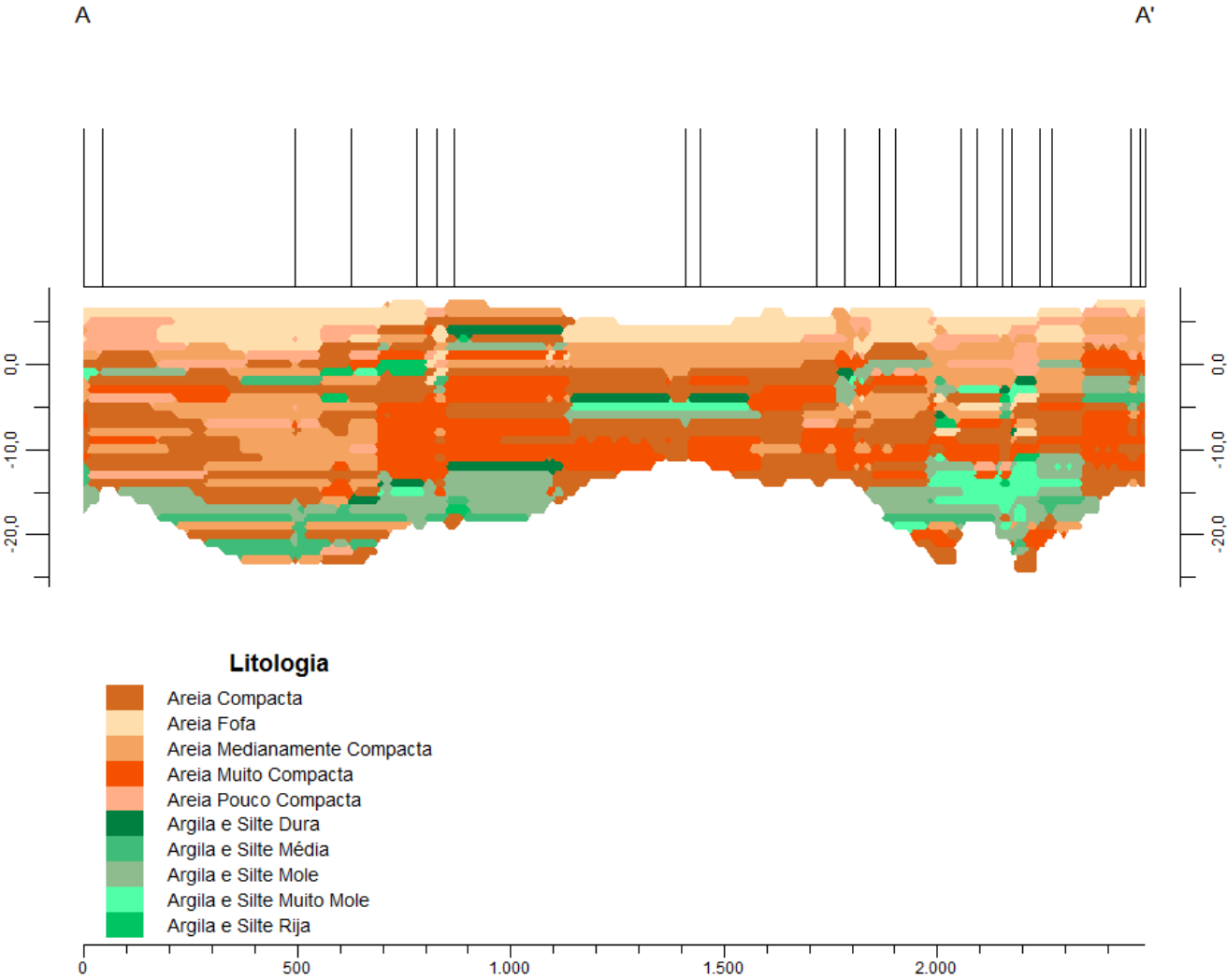
Fonte: Próprio Autor

Figura 148 - Mapa de localização do caminhamento A-A04'



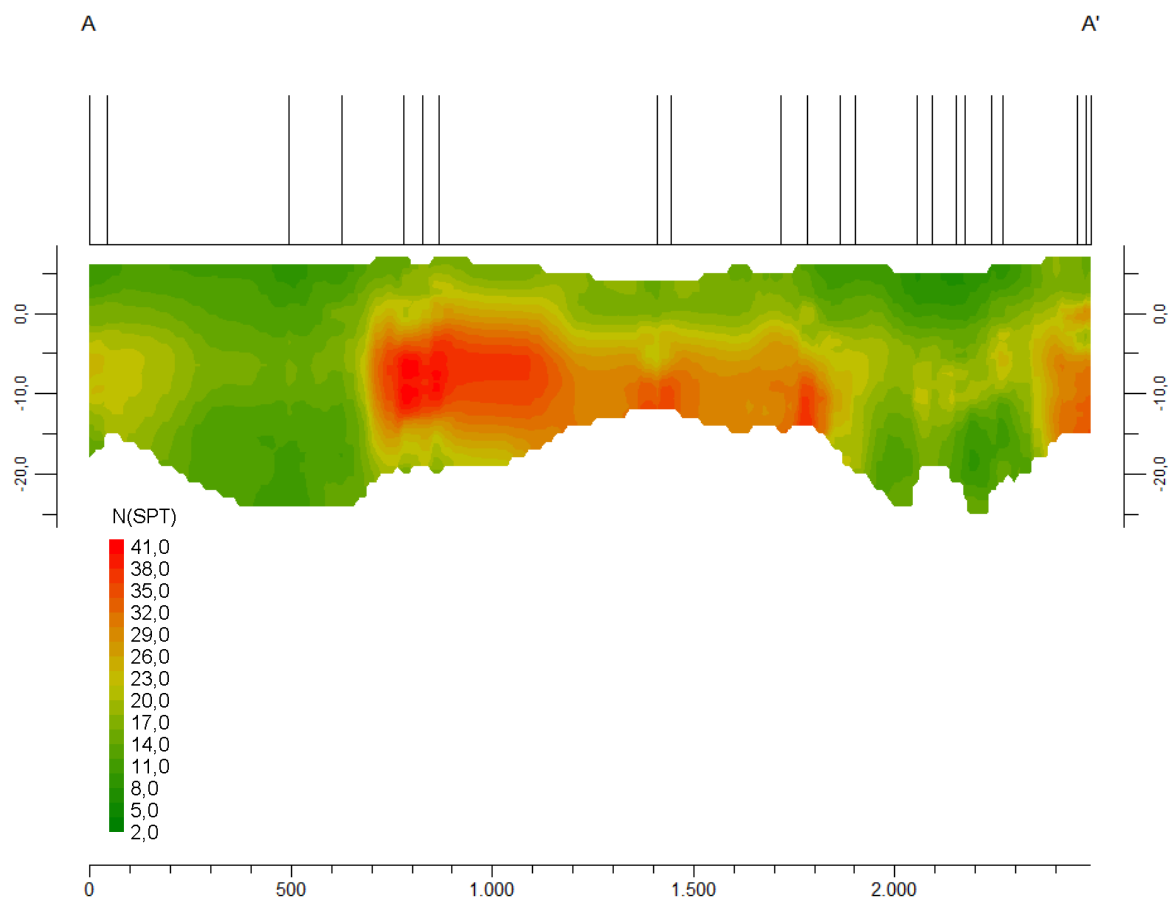
Fonte: Próprio Autor

Figura 149 - Seção A-A04' litológico-03



Fonte: Próprio Autor

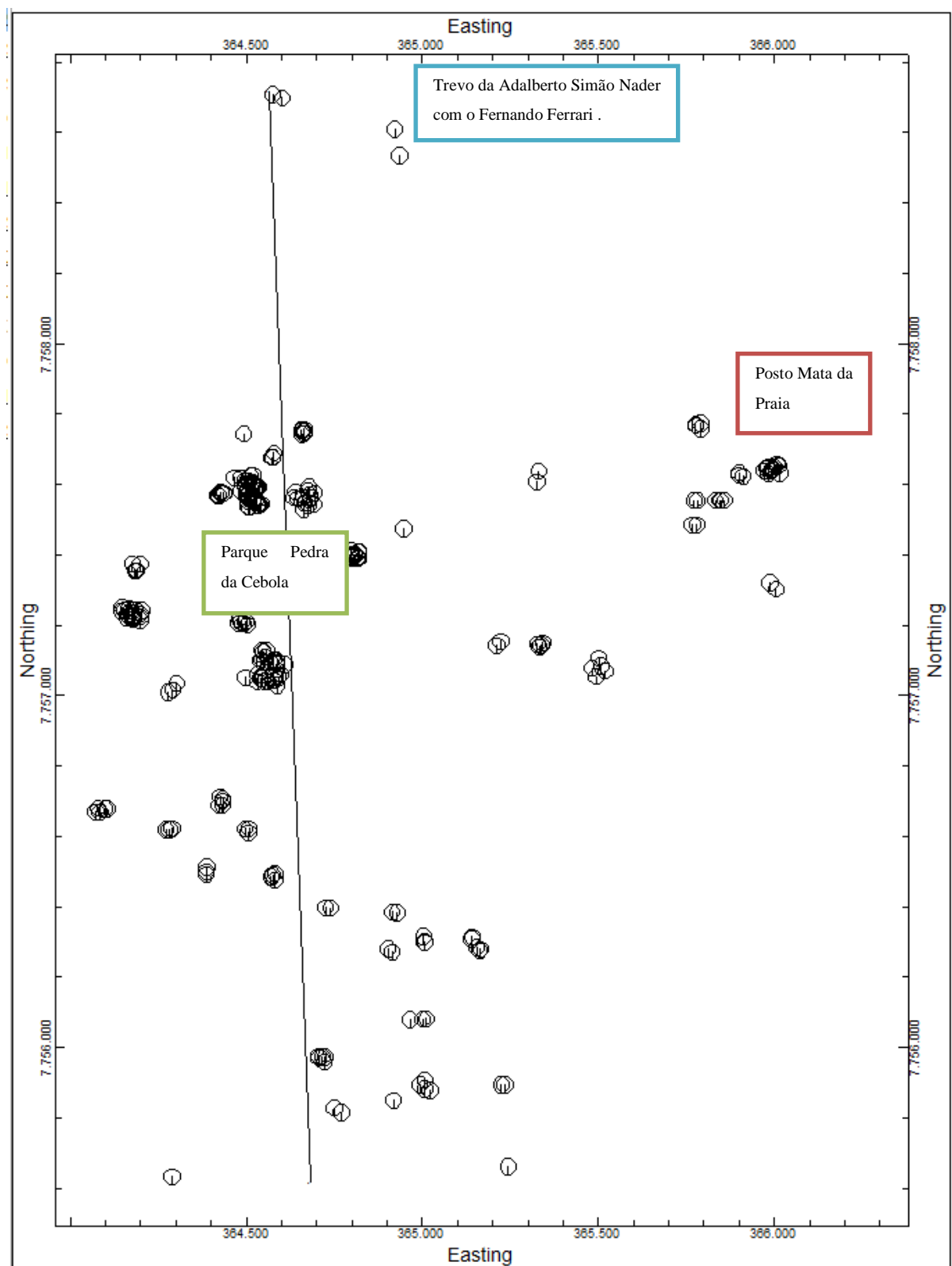
Figura 150 - Seção A-A04' N(SPT)



Fonte: Próprio Autor

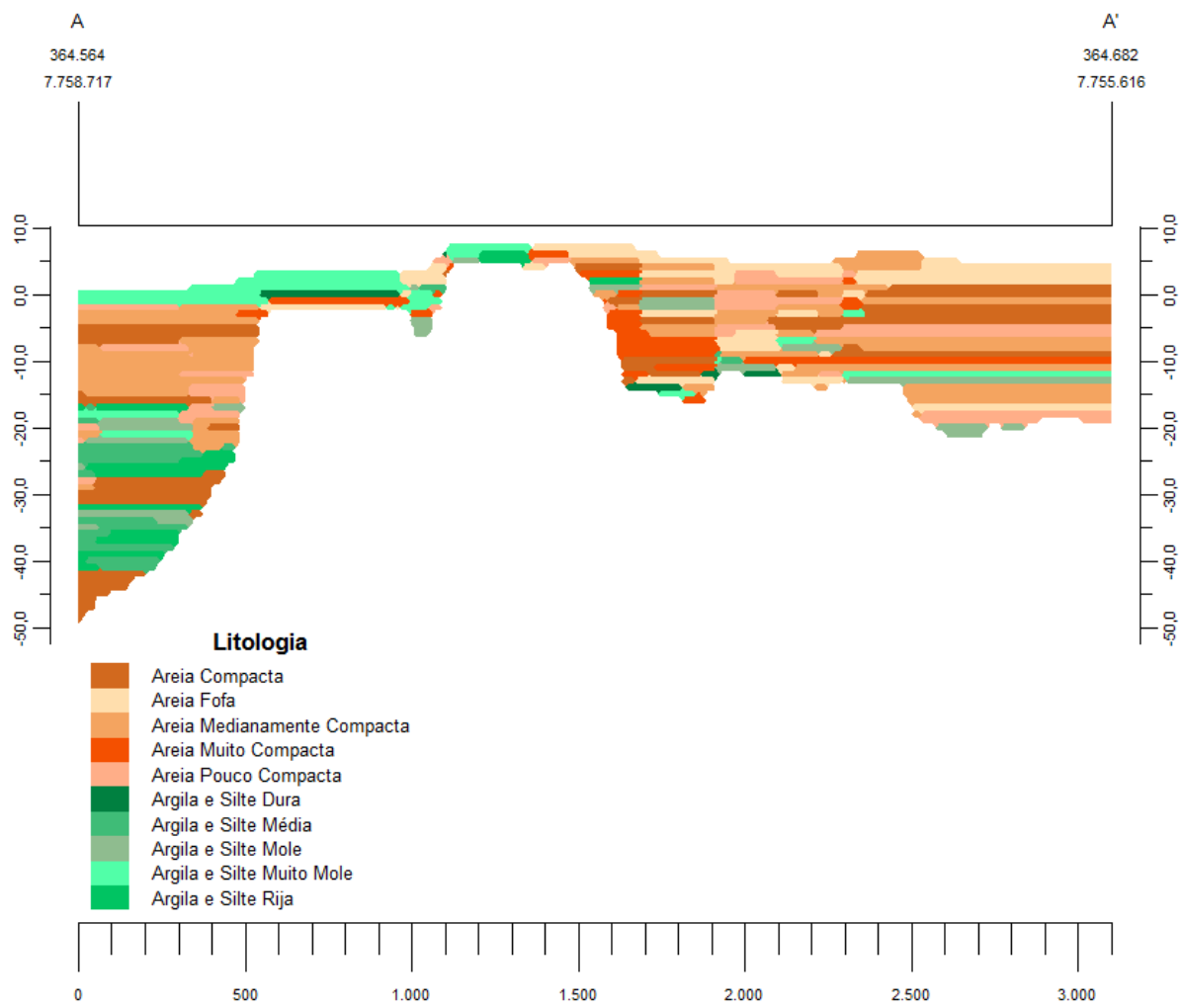
Para uma visualização e comparação entre os modelos dispostos no decorrer deste capítulo, foi traçado um corte longitudinal com o intuito de gerar uma comparação entre os modelos apresentados (litológico-02; litológico-03 e N(SPT)). Para esse corte longitudinal utilizou-se a malha de 20mx20mx1m para x, y e z respectivamente.

Figura 151 - Mapa de localização da seção longitudinal



Fonte: Próprio Autor

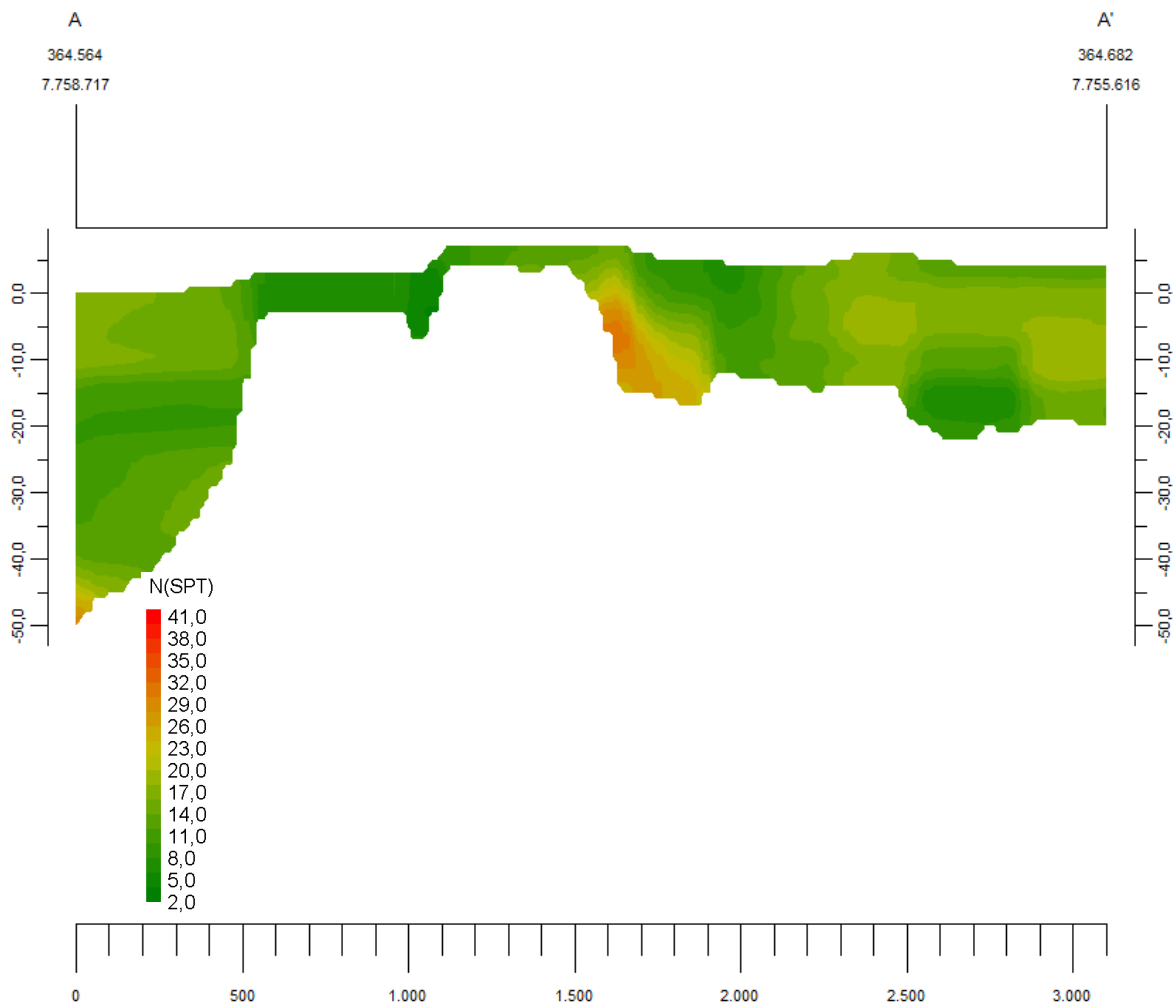
Figura 152 - Seção A-A' litológico-03



IEBV

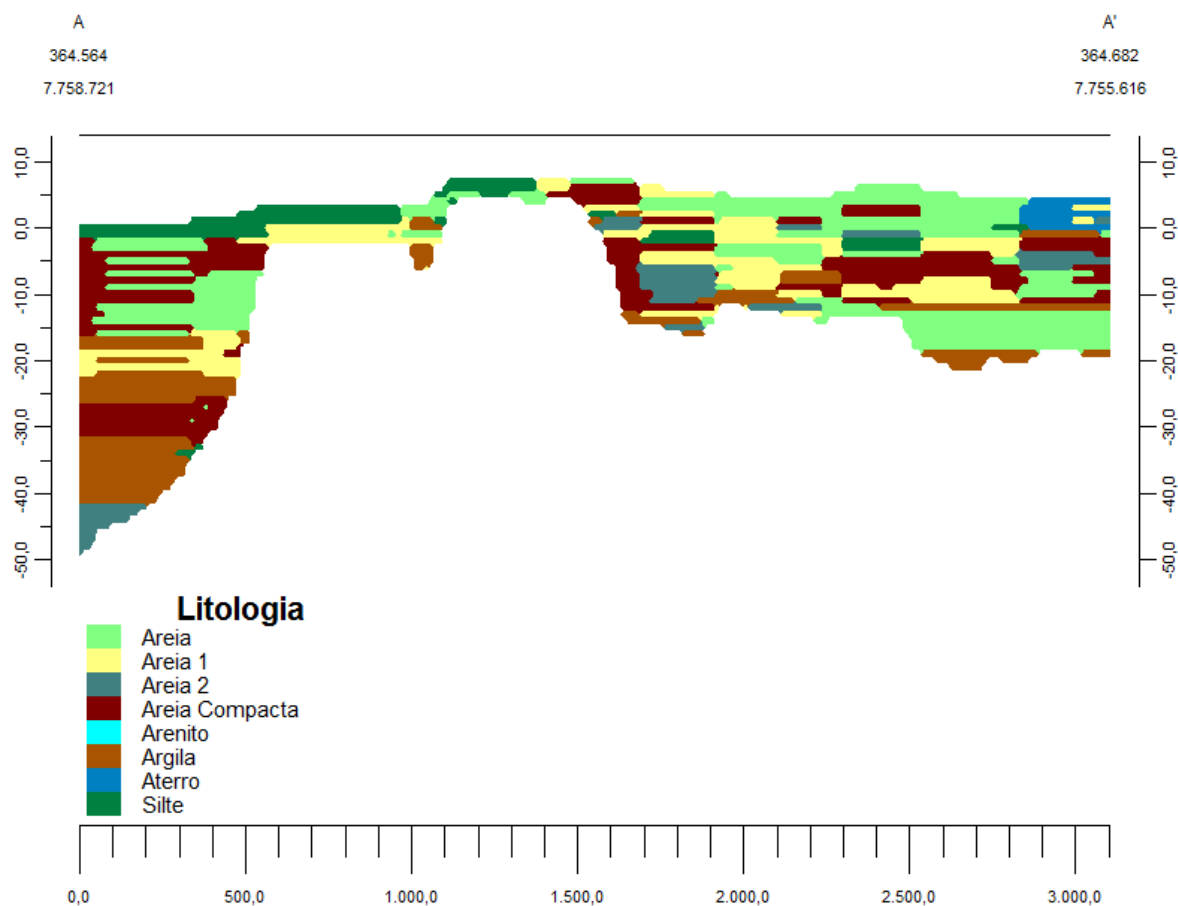
Fonte: Próprio Autor

Figura 153 - Seção A-A' N(SPT)



Fonte: Próprio Autor

Figura 154 - Seção A-A' litológico-02



Fonte: Próprio Autor

Através deste corte e a comparação entre os três modelos gerados, podemos ratificar que a litologia da área é bem complexa, encontramos vários pontos em que as camadas não chegam a um metro de profundidade e já temos decomposição de rocha, e pontos próximos em que conseguimos chegar a mais de 40 metros de profundidade e com camadas de argilas chegando a 14 metros de espessura e de compacidade mole. O modelo litológico encontrado é fidedigno ao disposto nos boletins de sondagens, e obteve-se um resultado satisfatório, onde mesmo os litotipos tendo sido classificados da forma tátil visual e após classificados conforme a NBR 6484:2011 encontramos modelos condizente com a realidade e em que conseguimos entender a litologia da região em estudo. Podemos comparar a carta do CPRM2013 onde diz que a região em estudo possui a presença de rochas graníticas em toda

sua parte e confirmamos isso onde vários pontos encontramos decomposição de rocha, claro que aqui não podemos dizer seu tipo pois infelizmente não temos sondagens rotativas da região.

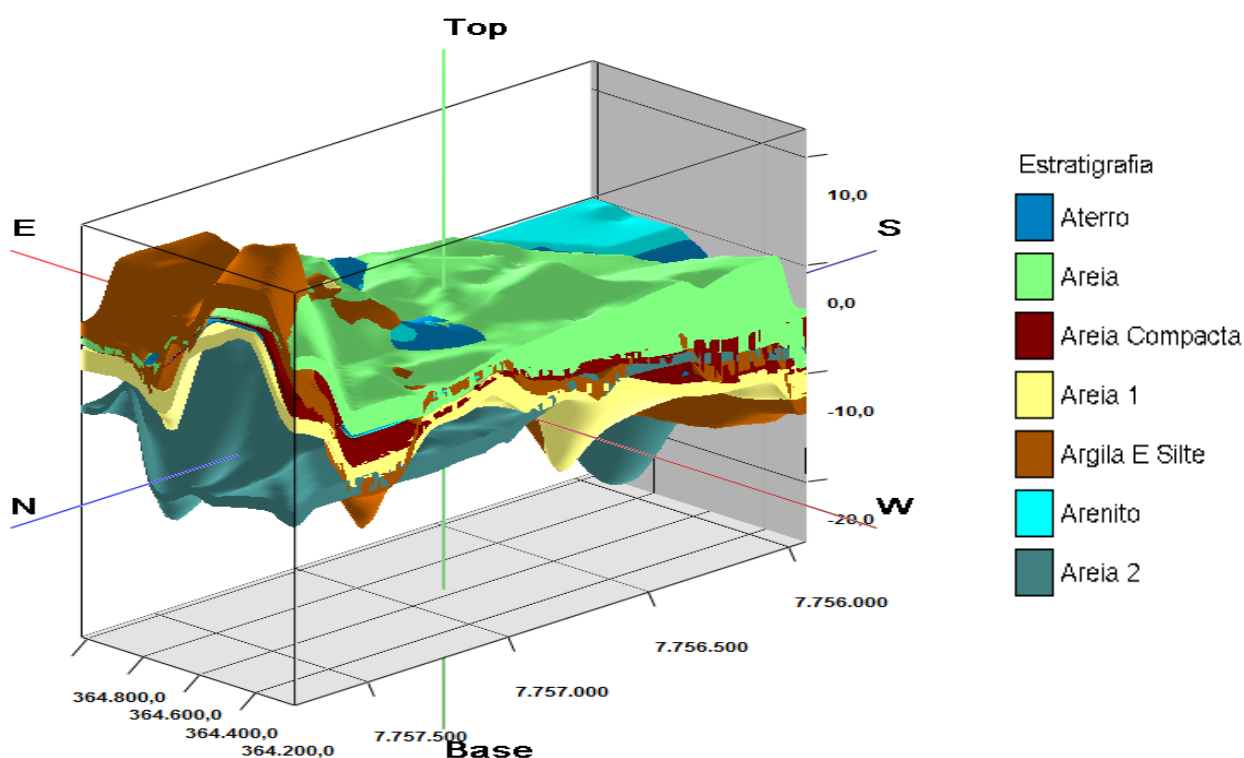
6.1.2 MODELO ESTRATIGRÁFICO

O modelo estratigráfico foi gerado de forma análoga ao modelo litológico, porém aqui o programa nos permite escolher o método de interpolação. Como dito no capítulo 5 (cinco) o método de interpolação utilizado foi o do inverso da distância onde depois de testar os demais métodos encontrados no programa, comprovou-se que é o mais eficiente em termos de processamento de dados. Da mesma forma que foi definida para o modelo litológico o espaçamento ótimo utilizado para os eixos x, y e z permanecem respectivamente 20, 20 e 0,2.

Foram gerados modelos estratigráficos sem a função da sobreposição de imagens e também gerando o modelo habilitando a função. Tal ferramenta que tem por função assegurar que as formações mais profundas tenham prioridades sobre as mais rasas, por terem essas sido depositadas anteriormente, e as camadas mais rasas não podem atravessar, ou interferir nessas camadas mais profundas.

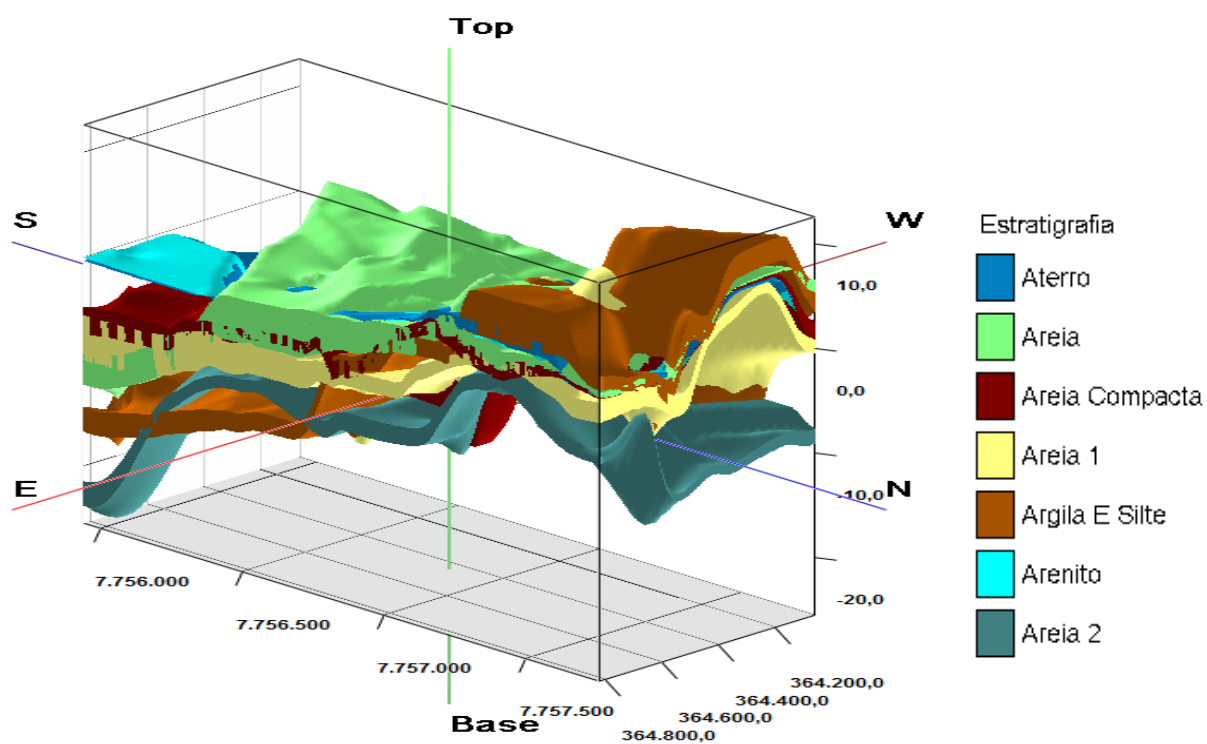
As figuras 155 a 158 mostram o modelo estratigráfico-01 sem a função de sobreposição de imagens habilitada.

Figura 155 - Vista NW-SE estratigráfico-01



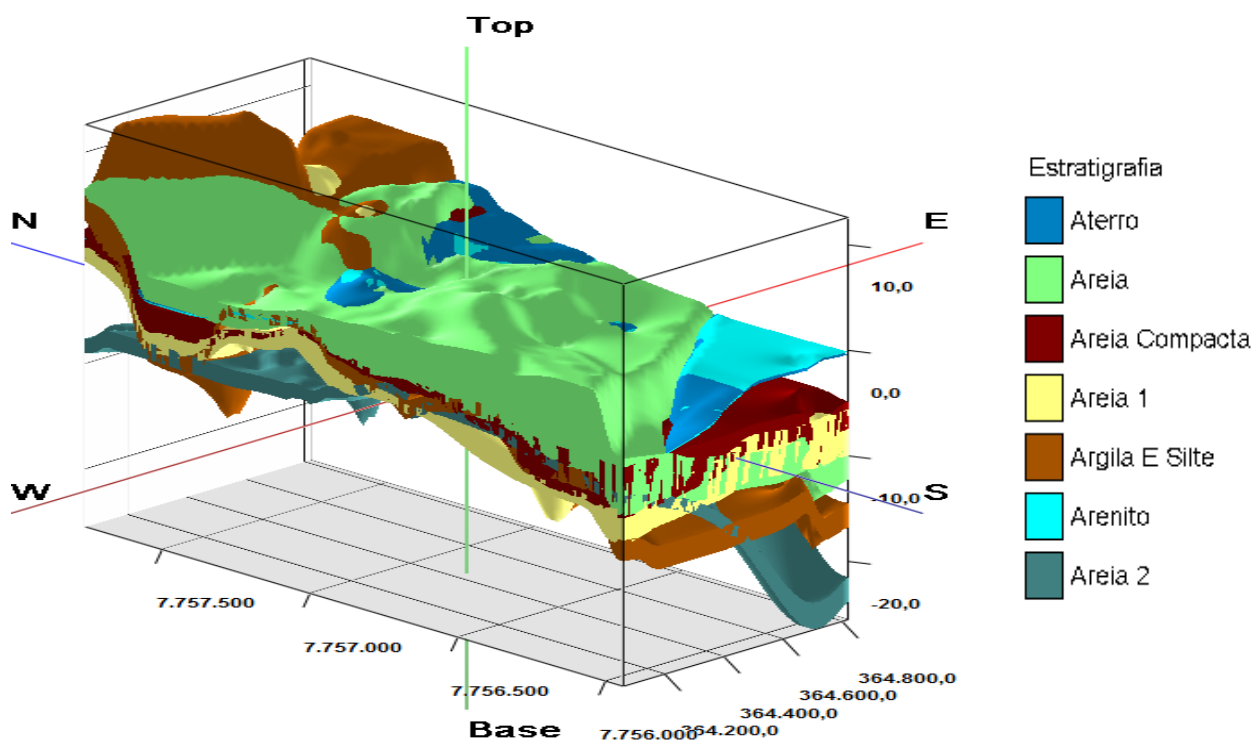
Fonte: Próprio autor

Figura 156 - Vista NE-SW estratigráfico-01



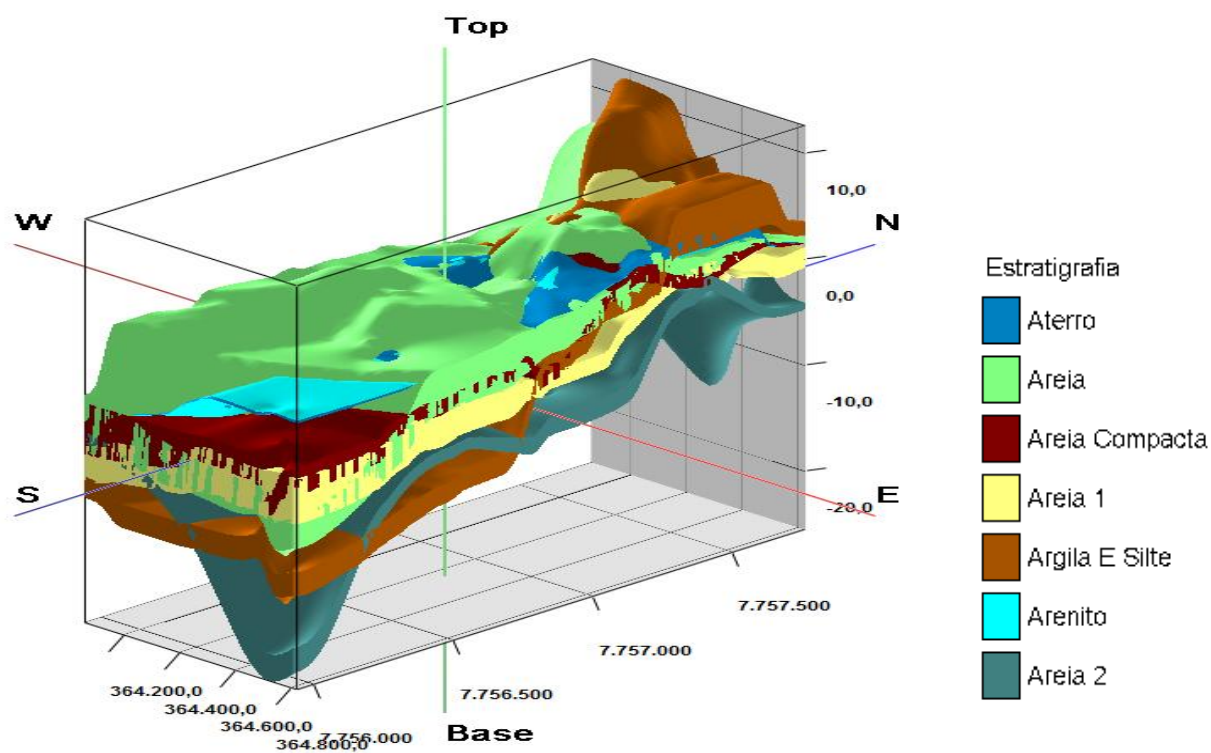
Fonte: Próprio autor

Figura 157 - Vista SW-NE estratigráfico-01



Fonte: Próprio autor

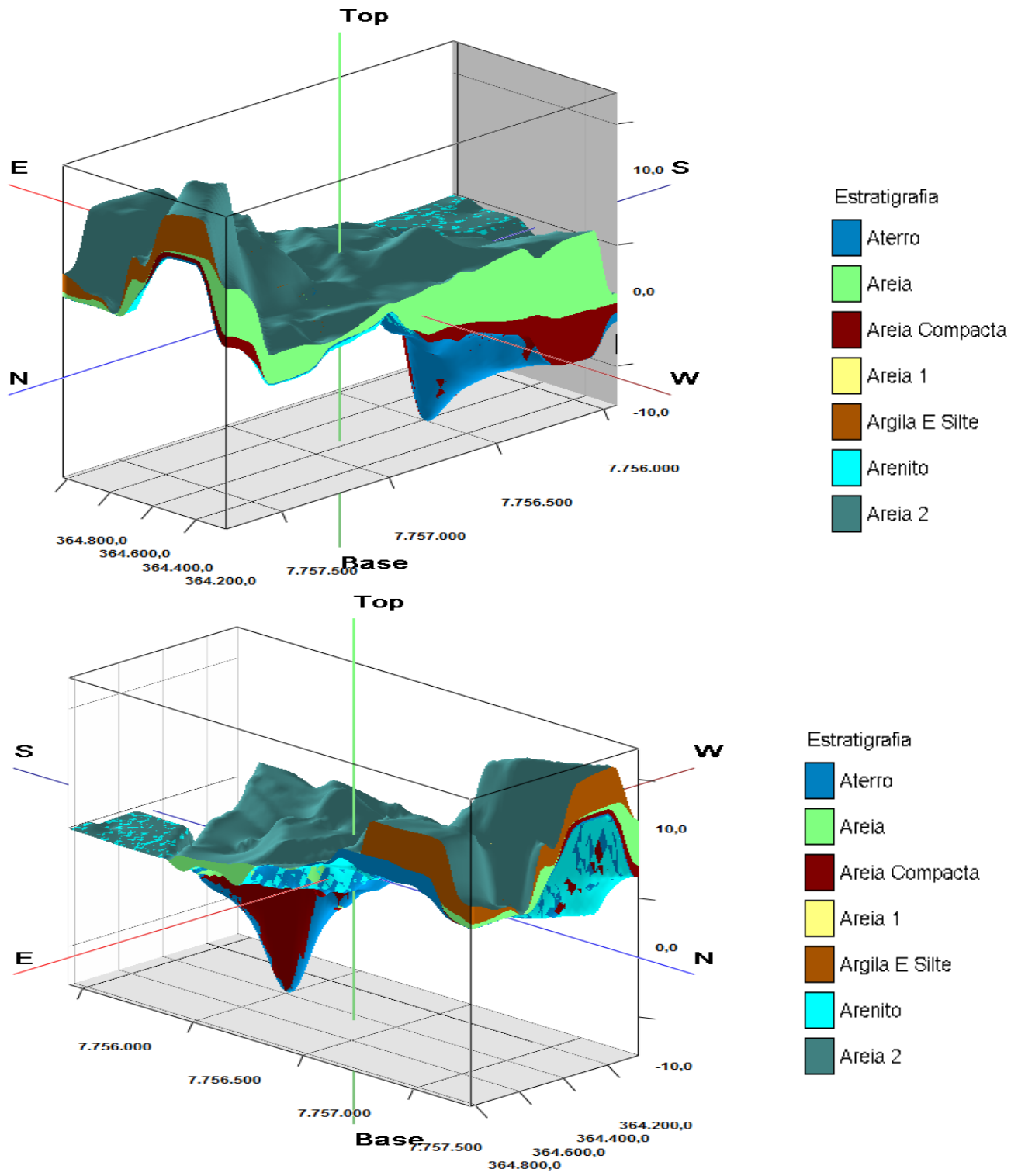
Figura 158 - Vista SE-NW estratigráfico-01



Fonte: Próprio autor

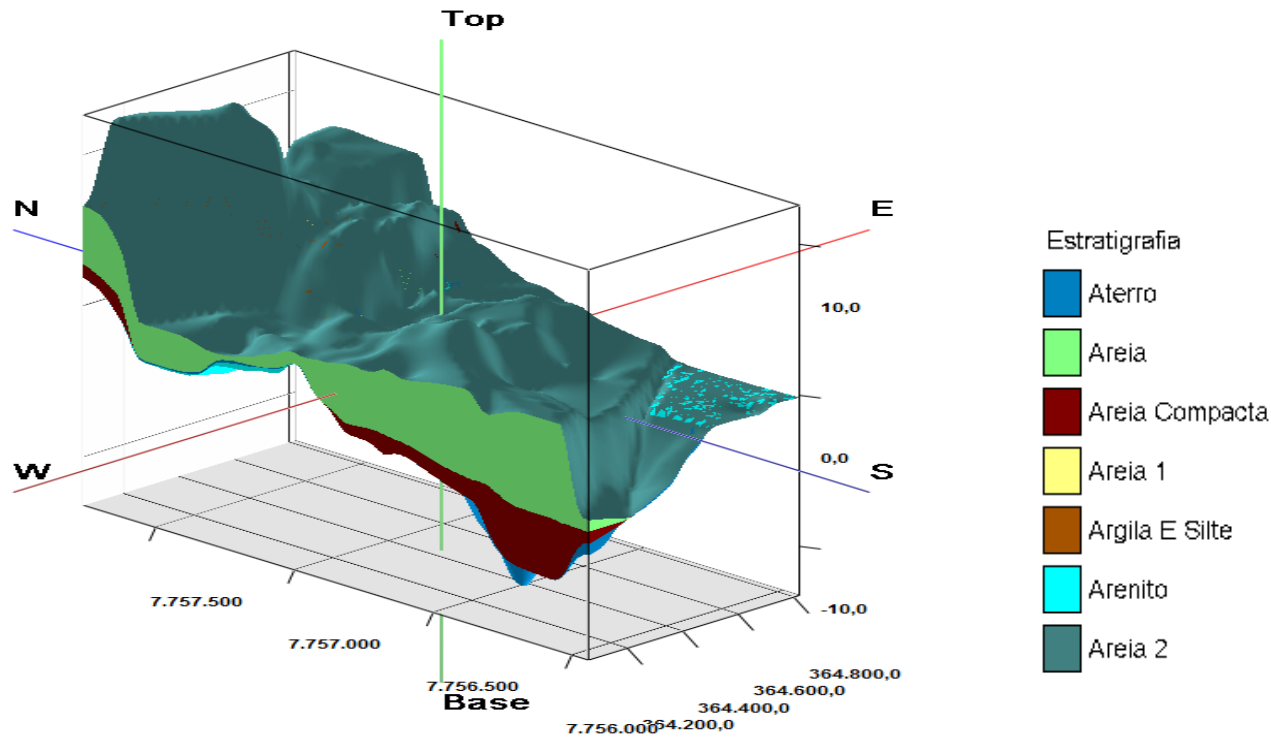
As figuras 159 a 162 mostram o modelo estratigráfico com a função de sobreposição de imagens habilitada. Porém para este modelo temos a opção de escolher os valores de *G-Values*, os valores aqui utilizados são respectivamente 01,02,03,04,05,06,07 para areia2, areia1, argila e silte, areia, areia compacta, aterro e arenito.

Figura 159 - Vista NW-SE estratigráfico-01 com sobreposição



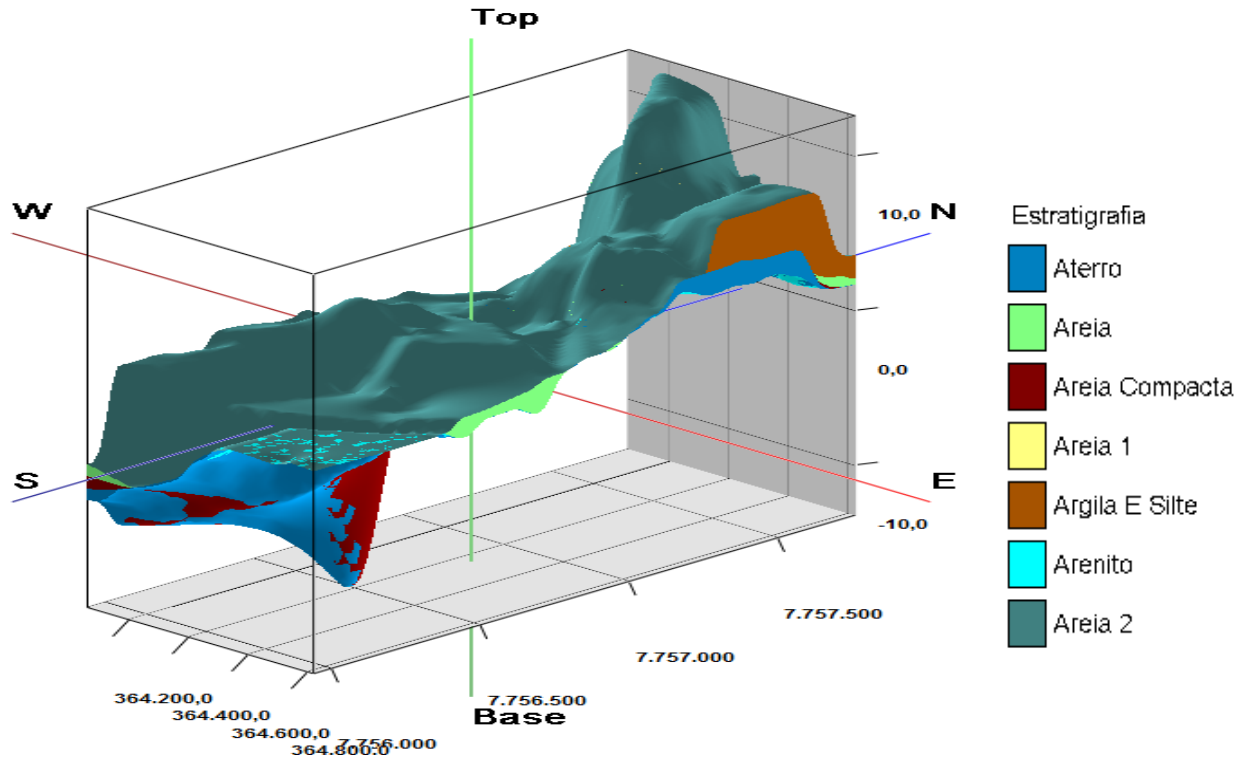
Fonte: Próprio autor

Figura 161 - Vista SW-NE estratigráfico-01 com sobreposição



Fonte: Próprio autor

Figura 162 - Vista SE-NW estratigráfico-01 com sobreposição

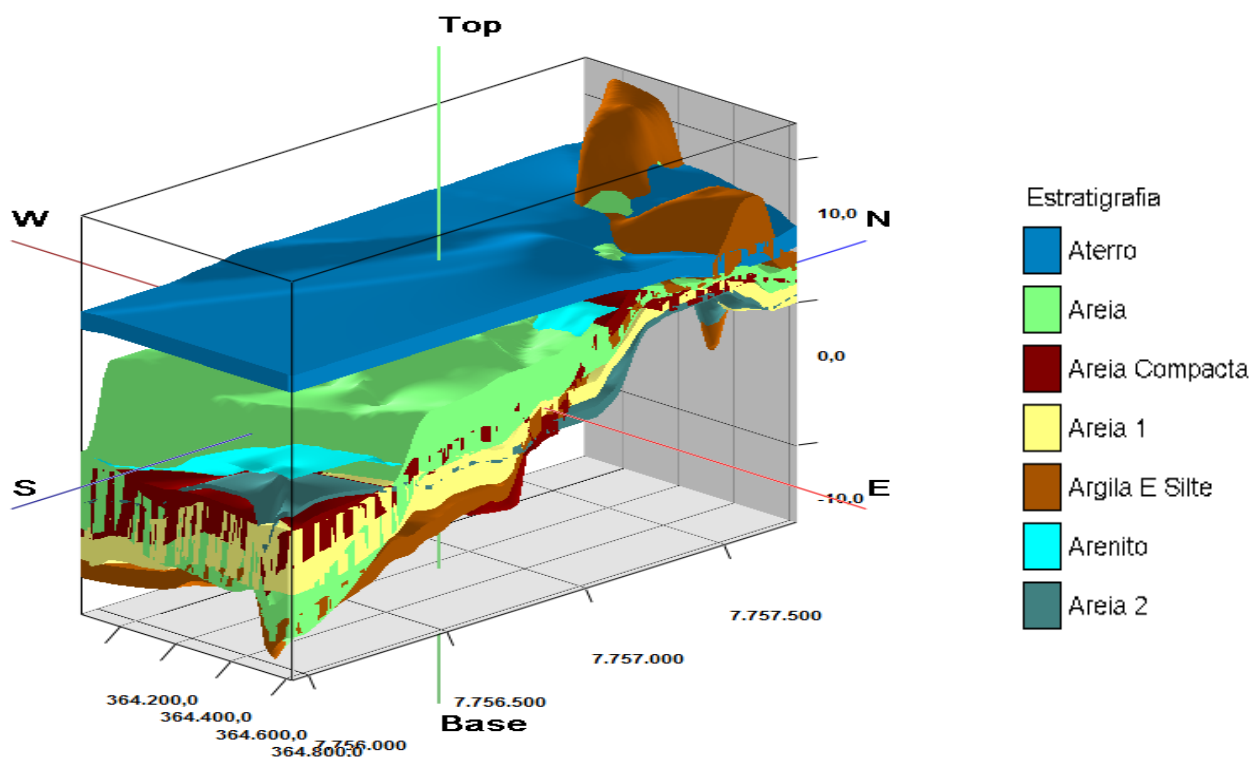


Fonte: Próprio autor

Nesses modelos se observa uma camada de arenito constante na direção SE-NW figura 155, esses arenito aparece em apenas dois furos das sondagens estudadas, porém os pontos representados no software pelos pontos SP-013 e SP-014 nas profundidades respectivas de 7,9-8,8 metros e 5,6 a 7,85 metros, no momento em que o programa interpola os dados, ele coloca o arenito como uma continuidade por não haver dados suficientes para dar sequência a interpolação, por isso aparece como um plano.

Para os modelos utilizando a função de sobreposição de imagens, os valores inseridos para *G-Values* foram de acordo com a realidade, utilizou-se a prioridade das camadas mais profundas sobre as mais rasas. Essa prioridade das camadas é a mais condizente com os boletins de sondagens estudados, no entanto, caso sejam alteradas prioridades das camadas, o modelo não fica condizente com realidade, principalmente pela camada de aterro e arenito, a Figura 142 com vista SE-NW mostra como o modelo ficaria se fosse adotado como prioridade aterro, areia, areia compacta, areia 1, argila e silte, arenito e areia 2. As camadas que se encontram de aterro são quase que insignificantes e elas são encontradas nos furos de sondagens da Mata da Praia, portanto observa-se perfeitamente no momento de interpolar que a camada fica plana no restante do modelo que é a região do bairro Mata da Praia, dando também para observar a diferença de altitude entre partes do bairro, conseguindo assim comprovar a existência dos afloramentos.

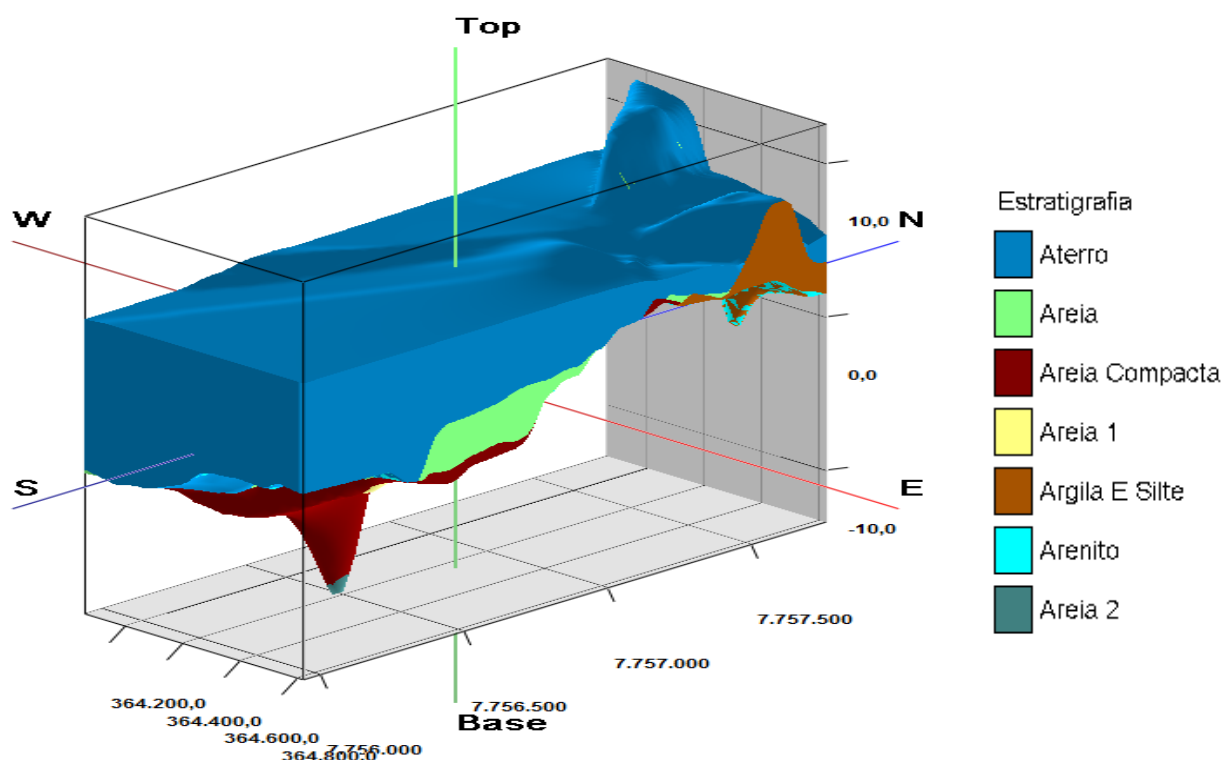
Figura 163 - Vista SE-NW estratigráfico-01 com valores de *G-Values* modificado



Fonte: Próprio autor

A Figura 164 mostra o modelo estratigráfico utilizando a sobreposição de imagens e com a prioridade do valor de *G-Values* adotada pelo usuário.

Figura 164 - Vista SE-NW estratigráfico-01 com valores de *G-Values* modificado e com sobreposição de imagem

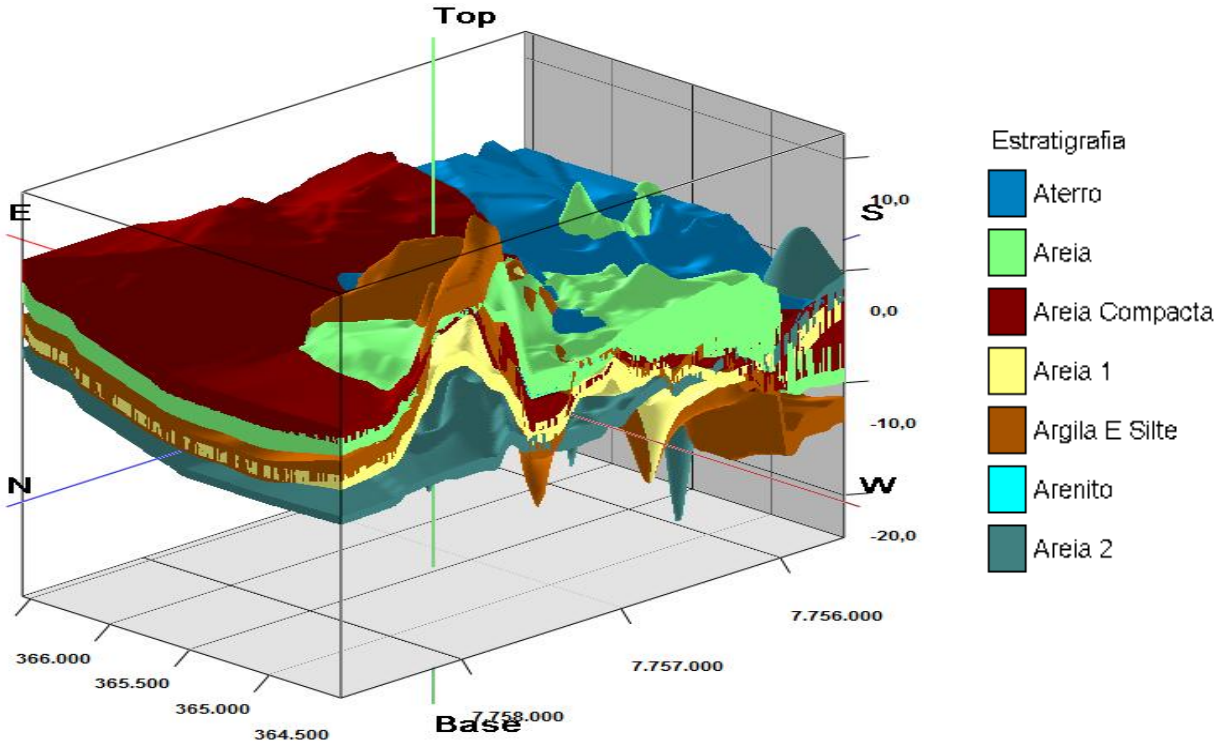


Fonte: Próprio autor

Desta forma consegue se comprovar que o modelo com a sobreposição de imagens adotada pelo usuário não condiz com a realidade, observando a camada de arenito e aterro que se tornam completamente exageradas.

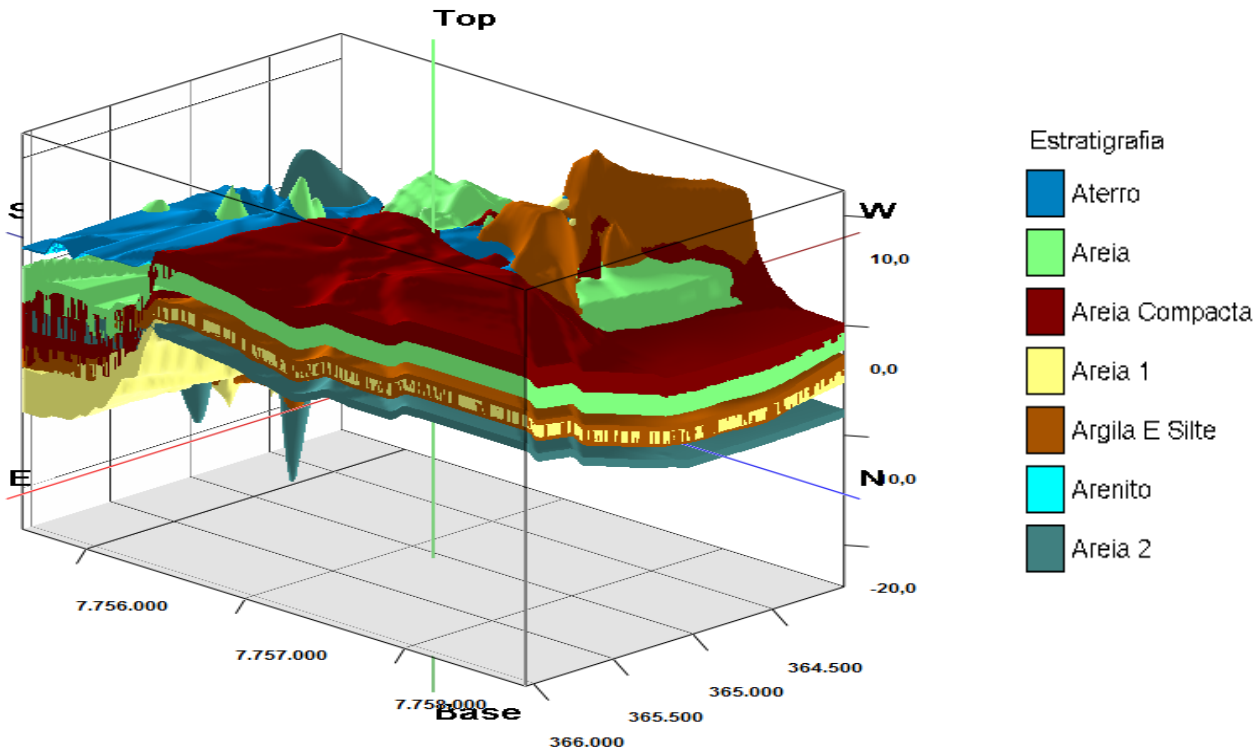
Um novo modelo foi criado para estratigrafia (estratigrafia-02) com os dados das sondagens em que chegam ao impenetrável ao trépano mais os dados em que as sondagens foram paralisadas pelo cliente, esse modelo foi gerado da mesma forma executada anteriormente, foi feito um modelo estratigrafia, *G-values* que mais condiz com a realidade dos boletins de sondagens para que o modelo se torne o mais próximo possível a realidade.

Figura 165 - Vista NW-SE estratigrafico-02



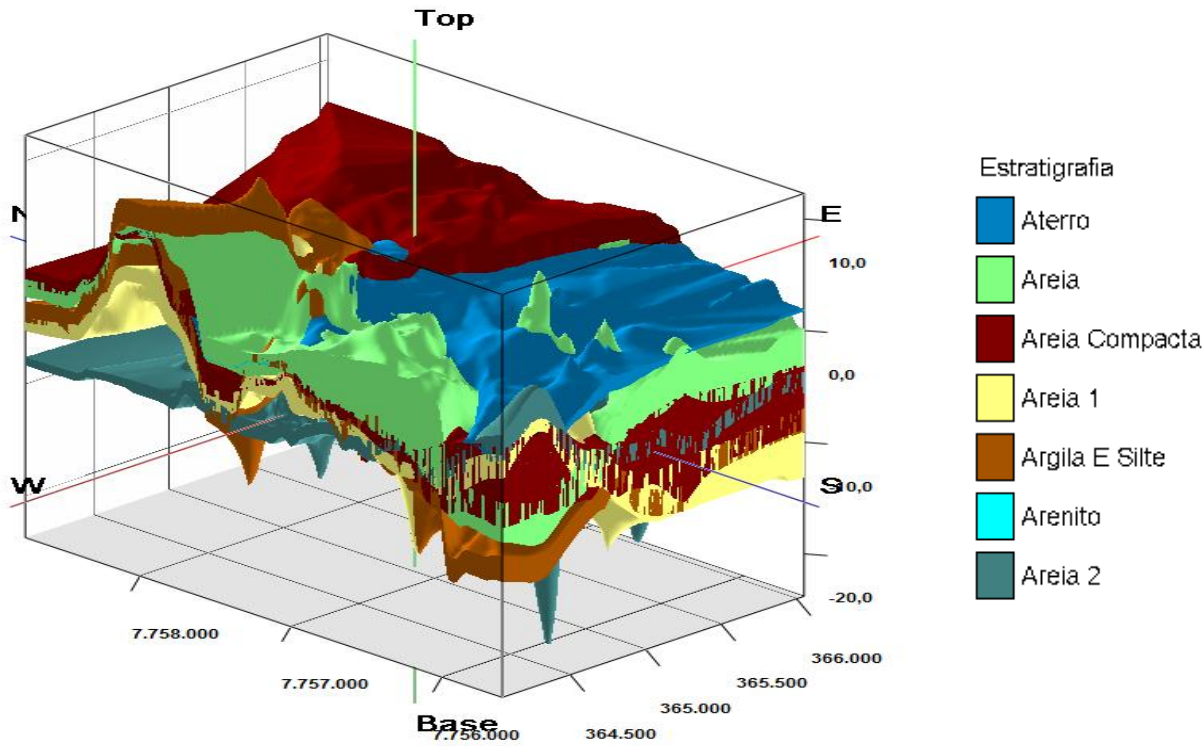
Fonte: Próprio autor

Figura 166 - Vista NE-SW estratigrafico-02



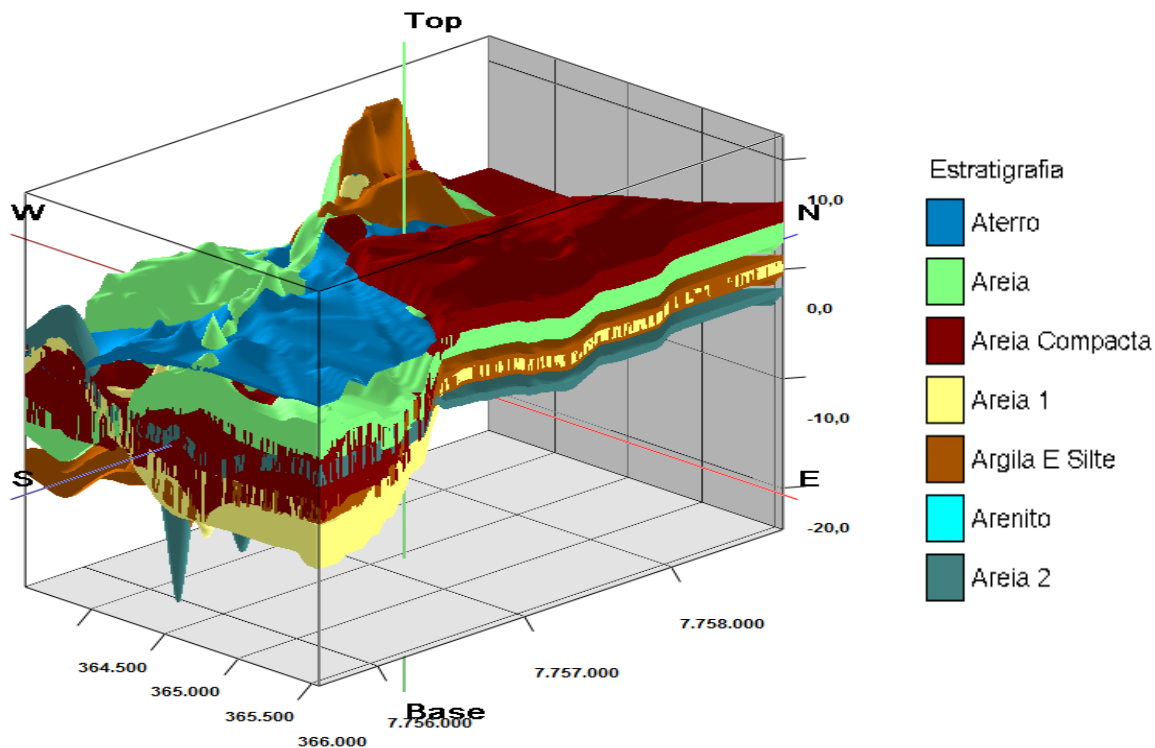
Fonte: Próprio autor

Figura 167 - Vista SW-NE estratigrafico-02



Fonte: Próprio autor

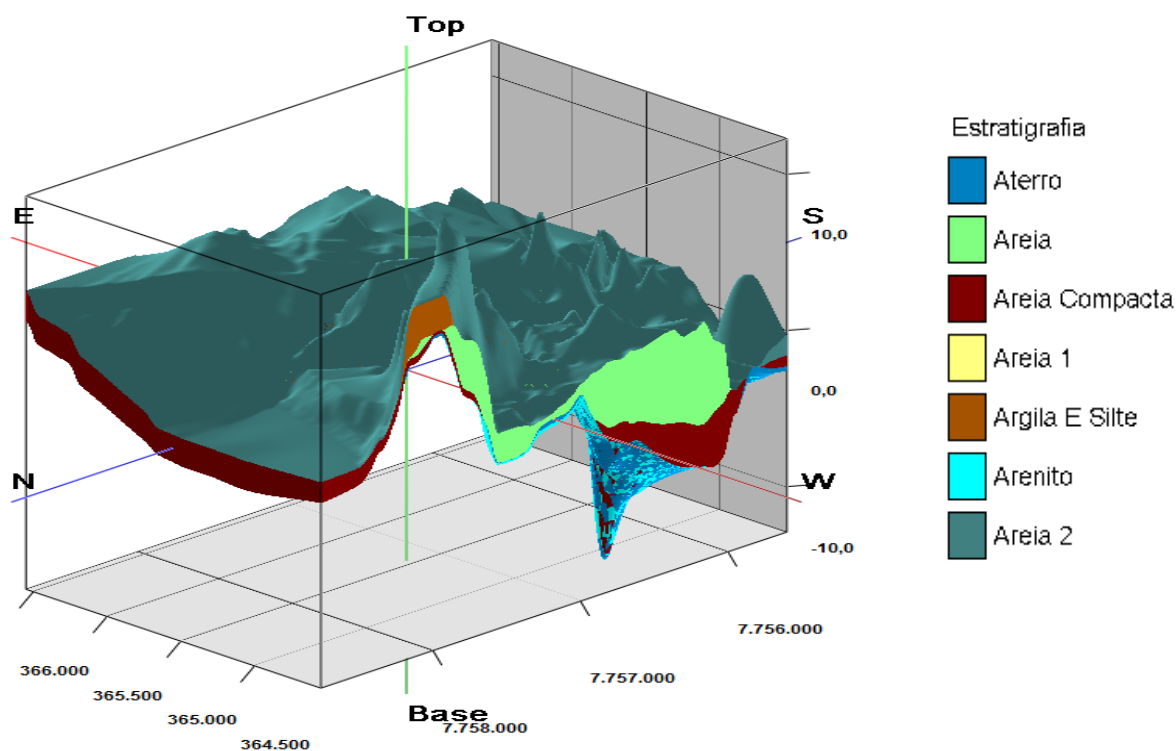
Figura 168 - Vista SE-NW estratigrafico-02



Fonte: Próprio autor

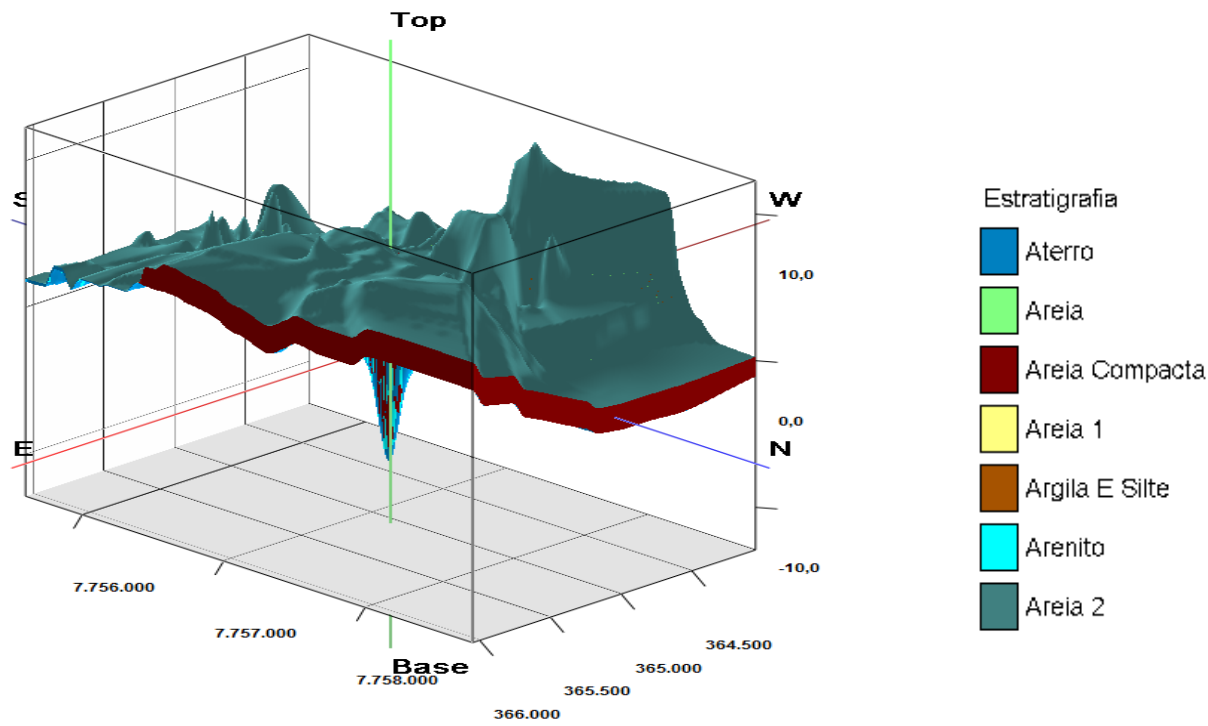
Comparando o modelo gerado ao modelo onde só considerava os pontos em que as sondagens eram impenetráveis ao trépano, conseguimos visualizar que não há alteração considerável no modelo, percebe-se uma crescente camada de areia compacta na direção NE, e uma parte maior aterrada na região SE que compreende os pontos de sondagem da mata da praia. Nesse modelo vamos utilizar a função de sobreposição de imagens da mesma forma adotada anteriormente, utilizando primeiramente *G-values* com as prioridades das camadas em Areia 02, Areia 01, Argila e Silte, Areia, Areia Compacta, Aterro, Arenito e posteriormente as camadas sendo Aterro, Areia, Areia Compacta, Areia 01, Argila e Silte, Arenito e Areia 2.

Figura 169 - Vista NE-SW estratigráfico-02 com sobreposição



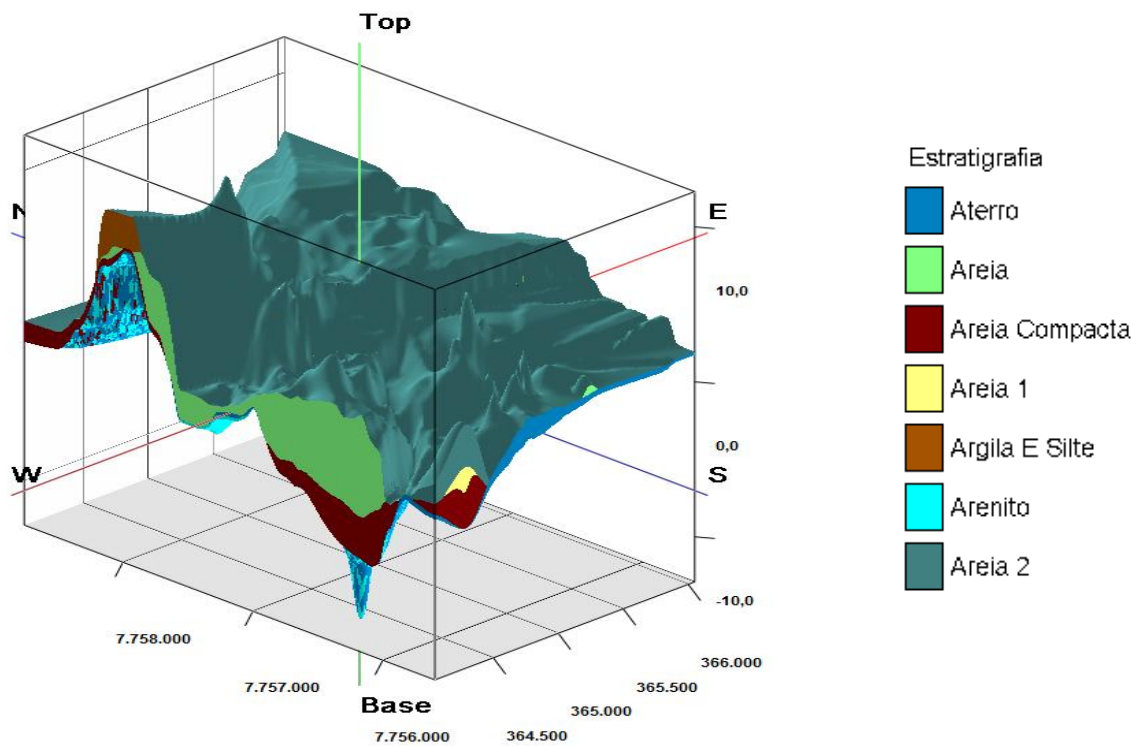
Fonte: Próprio autor

Figura 170 - Vista NW-SE estratigráfico-02 com sobreposição



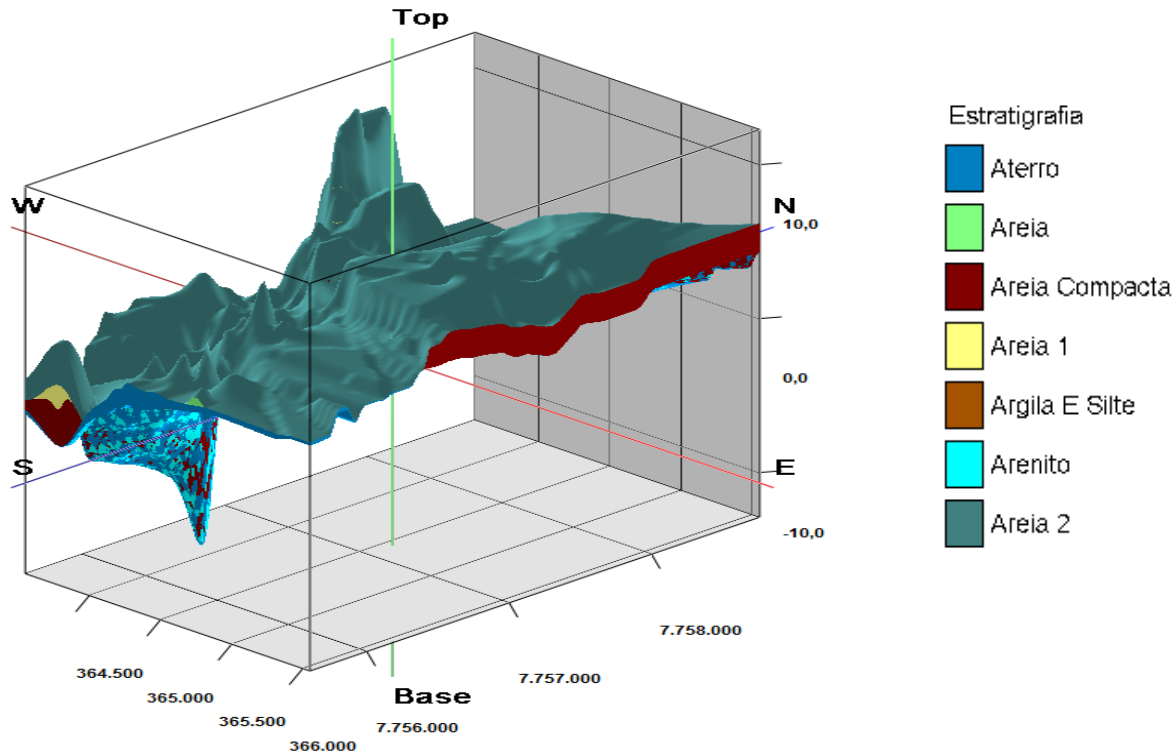
Fonte: Próprio autor

Figura 171 - Vista SW-NE estratigráfico-02 com sobreposição



Fonte: Próprio autor

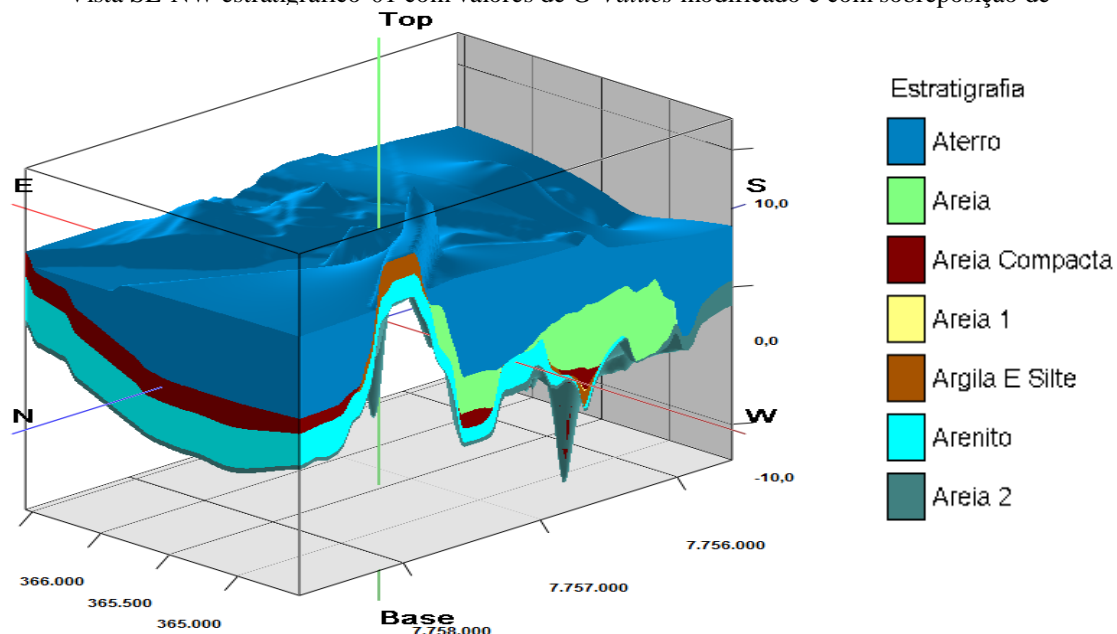
Figura 172 - Vista SE-NW estratigráfico-02 com sobreposição



Fonte: Próprio autor

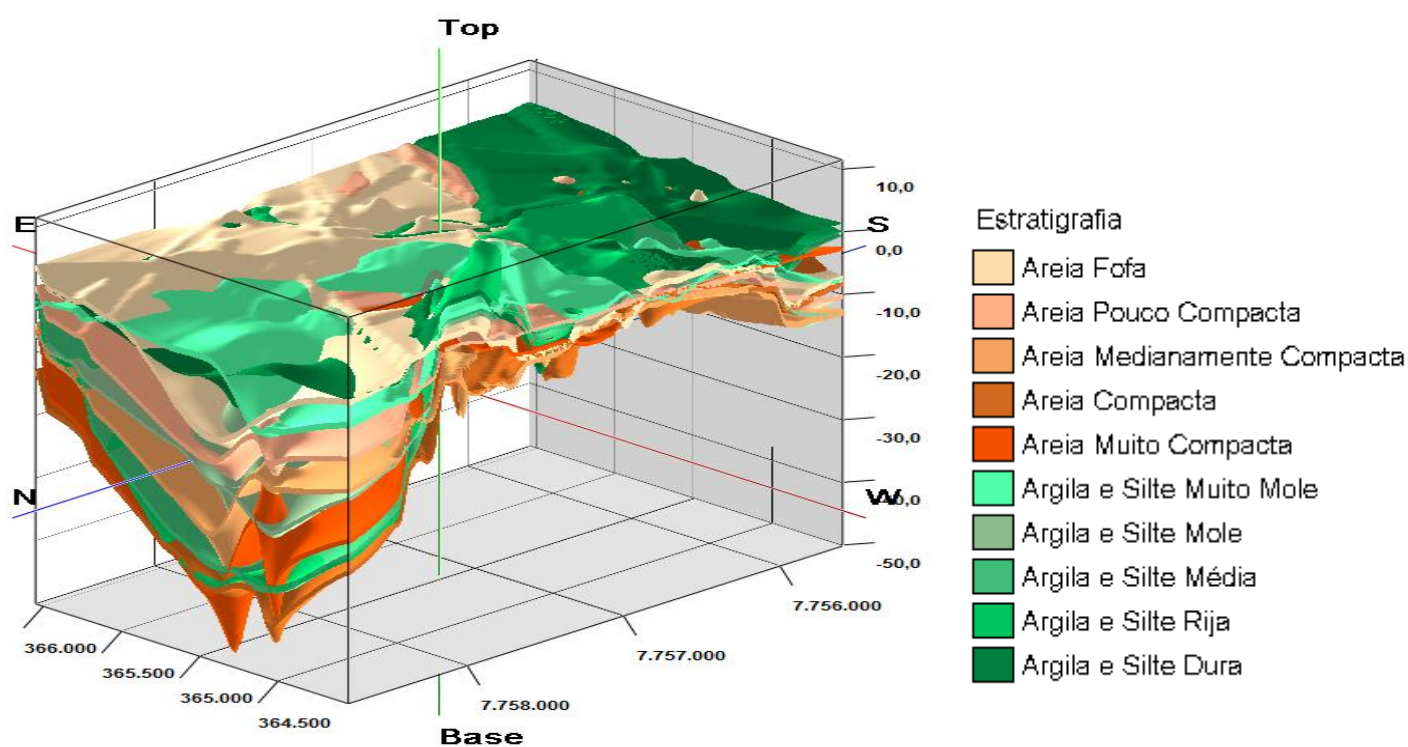
As figuras 169 a 172 retratam a escolha de novos valores para *G-values*, da mesma forma que comprovamos anteriormente o modelo não condiz com o que encontrou-s nas sondagens, portanto será demonstrada aqui apenas a vista NW-SE.

Figura 173 - Vista SE-NW estratigráfico-01 com valores de *G-Values* modificado e com sobreposição de



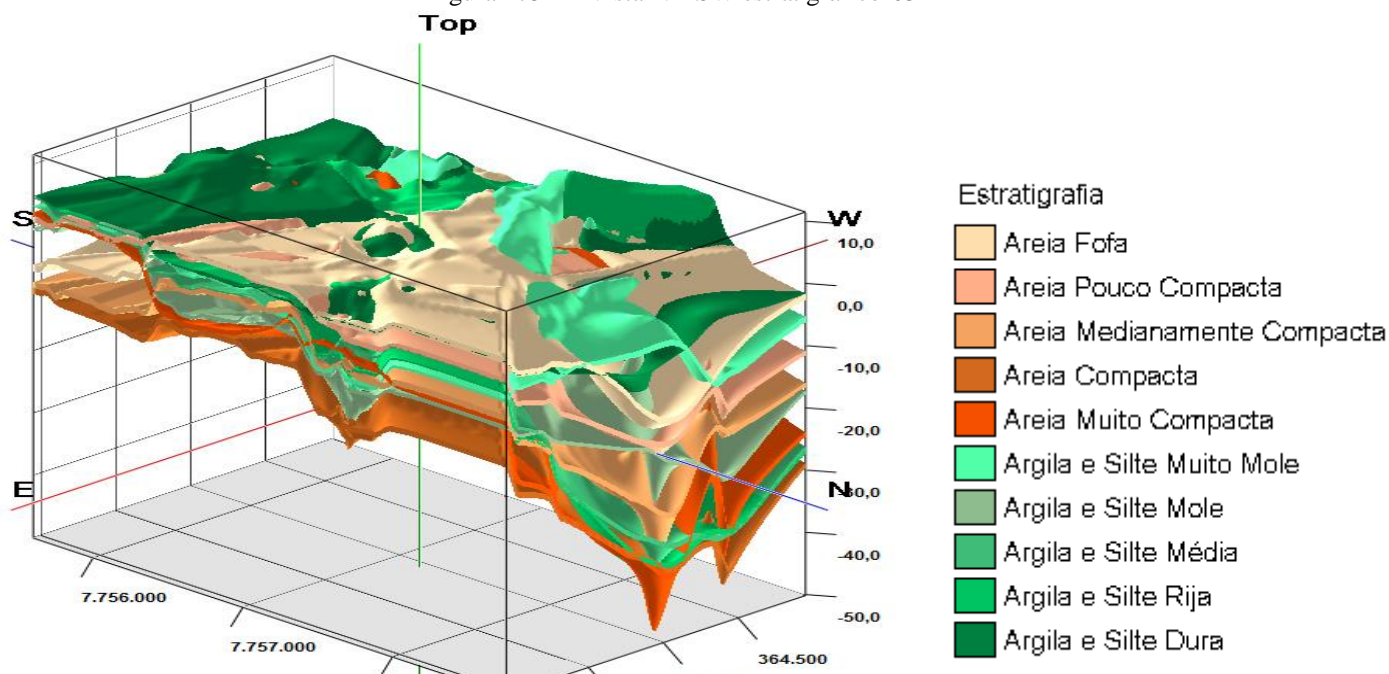
Fonte: Próprio autor
 Da mesma maneira criou-se um modelo estratigráfico para o modelo litológico-03 com base na NBR.

Figura 174 - Vista NW-SE estratigráfico-03



Fonte: Próprio autor

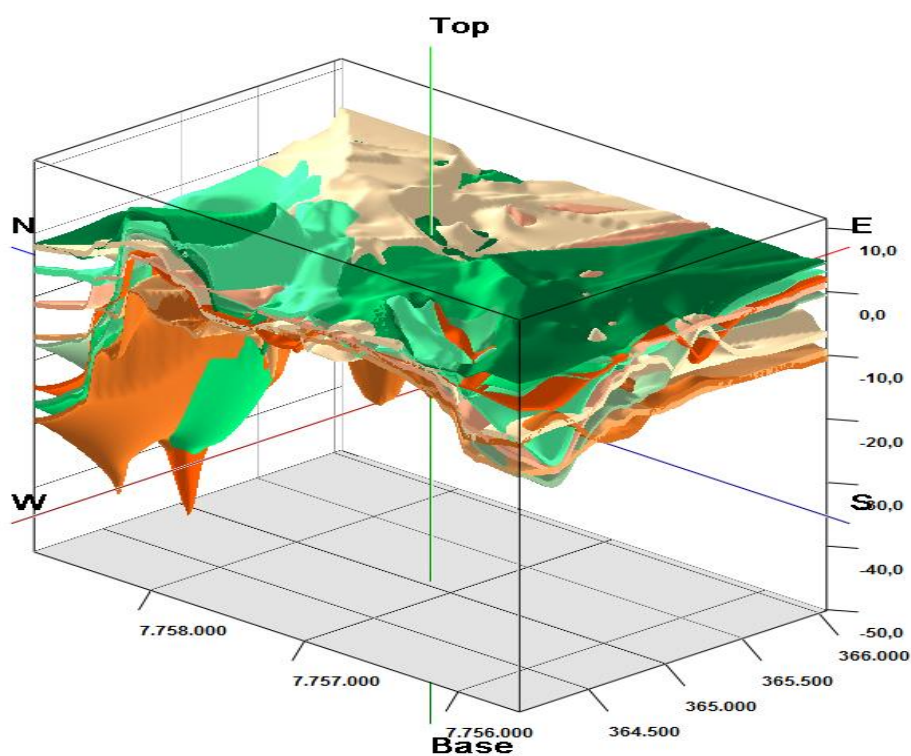
Figura 175 - Vista NE-SW estratigráfico-03



Fonte: Próprio autor

Figura 176 -

Vista SW-NE estratigráfico-03



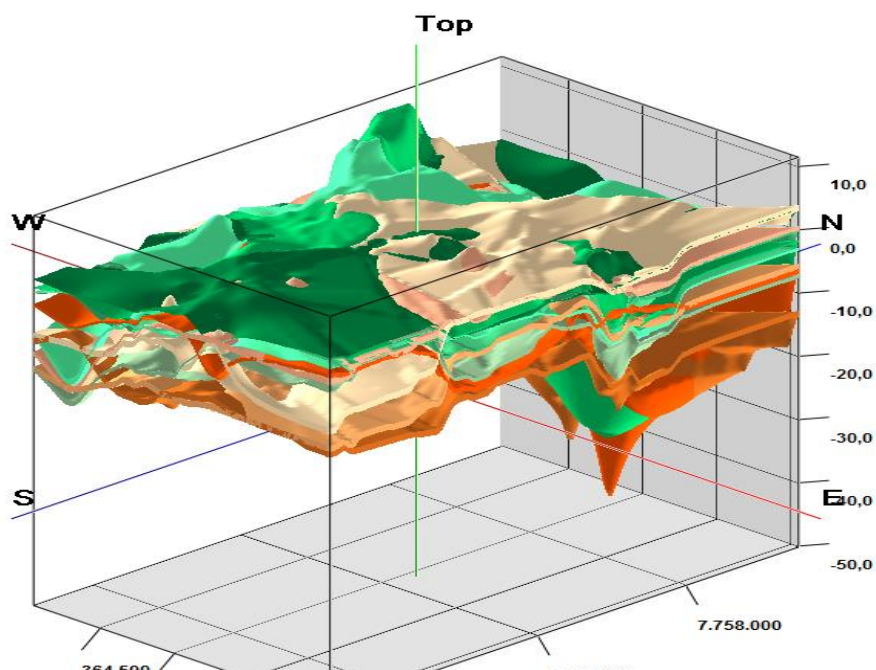
Estratigrafia

- Areia Fofa
- Areia Pouco Compacta
- Areia Medianamente Compacta
- Areia Compacta
- Areia Muito Compacta
- Argila e Silte Muito Mole
- Argila e Silte Mole
- Argila e Silte Média
- Argila e Silte Rija
- Argila e Silte Dura

Fonte: Próprio autor

Figura 177 -

Vista SE-NW estratigráfico-03



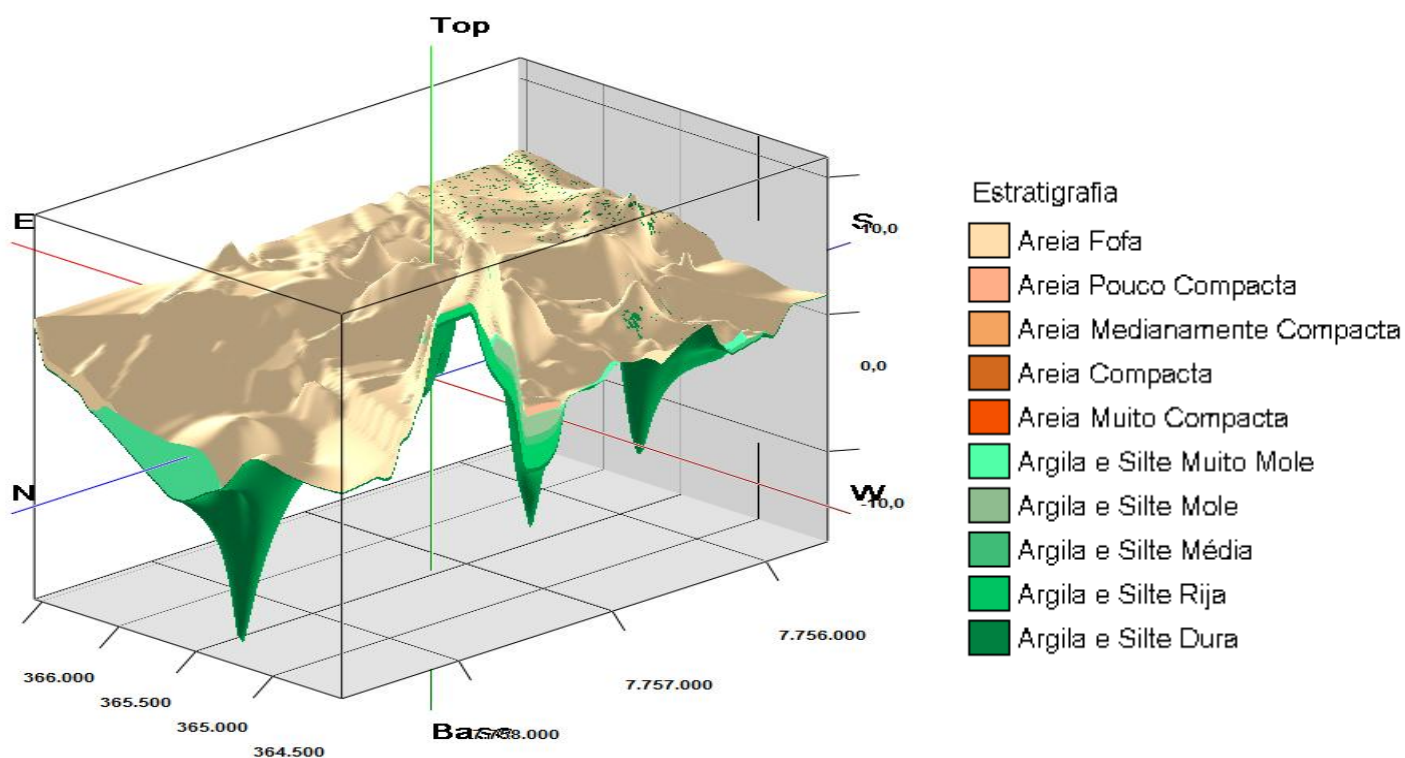
Estratigrafia

- Areia Fofa
- Areia Pouco Compacta
- Areia Medianamente Compacta
- Areia Compacta
- Areia Muito Compacta
- Argila e Silte Muito Mole
- Argila e Silte Mole
- Argila e Silte Média
- Argila e Silte Rija
- Argila e Silte Dura

Fonte: Próprio autor

No caso do modelo estratigráfico-03 foi o que apresentou resultados que mais condizem com os boletins de sondagem, da mesma forma encontrada anteriormente para os modelos pode-se dizer que quando ativa a função *onlap* o modelo não condiz com a realidade, portanto vamos mostrar apenas uma vista NW-SE a fim de confirmar o resultado encontrado. Para esse caso os valores de G-Values adotados foram como se encontram dispostos na legenda. Para Areia fofa (1), Areia Pouco Compacta (2), Areia Medianamente Compacta (3), Areia Compacta (4), Areia Muito Compacta (5), Argila e Silte Muito Mole (6), Argila e Silte Mole (7), Argila e Silte Média (8), Argila e Silte Rija (9) e Argila e Silte Dura (10).

Figura 178 - Vista NE-SW estratigráfico-03 com a função *Onlap*



Fonte: Próprio autor

Nos casos anteriores foi mudado o valor de *G-Values* para uma comparação, para este

caso optou-se em não fazer essa mudança. Concluído assim que o modelo que mais se aproximou ao real da estratigrafia foi o modelo estratigráfico-03.

7 CONCLUSÕES

O objetivo principal deste trabalho foi criar um modelo geológico-geotécnico da região que abrange os bairros Mata da Praia e Jardim da Penha, caracterizando dessa forma a sua litoestratigrafia e elaborando os modelos estratigráficos e litológicos da região.

A modelagem geológica-geotécnica atendeu todos os objetivos da pesquisa, conseguiu-se perceber através dos dados da sondagem, mesmo não tendo informações de sondagens rotativas, que o modelo condiz com o que é encontrado, por exemplo, na região da Mata da Praia, temos grandes afloramentos rochosos, e através do modelo gerado, comprovou-se pelo seu traçados, principalmente pelos pontos de sondagens analisados, onde muito deles surgiam pequenas camadas de material e logo em seguida a sondagem era paralisada porque atingia ao impenetrável ao trepano, obviamente que não se pode afirmar que ali já seja a presença de uma rocha, mas pode-se assimilar, pois a região segundo a carta geológica do CPRM em 2013 que a região possui a presença de rochas, e também há depósitos argilo-arenoso, que foram formados na era cenozoica, esses depósitos são constituídos de areia e cascalho, segundo o modelo litológico e estratigráfico gerado, percebeu-se a influência desses materiais, o que comprova mais uma vez o objetivo desta pesquisa.

Através desta pesquisa pode comprovar que o solo é um elemento extremamente complexo de se estudar e a importância em que essa pesquisa possui para o estudo geológico da região, principalmente porque podemos constatar a presença de várias camadas de silte próxima a regiões em que obtive-se furos que, com 1,5 m aproximadamente, já atingia ao impenetrável, levando a concluir que esse material é resultado de decomposição de rocha.

Através desta pesquisa conseguimos comprovar também que o software é uma ferramenta que contribui muito para a modelagem, pois comparando o modelo litológico-01 ao litológico-02, notou-se a semelhança entre as imagens geradas, principalmente no momento em que foram feito os cortes horizontais no modelo estratigráfico, ou seja, o software não necessita de inúmeras amostras para gerar um único modelo, podemos reduzir a quantidade de furos, mas eles precisam estar bem distribuídos, no caso da pesquisa a quantidade de furos e a localização dos mesmos eram bem espaçadas, principalmente porque a região já possui diversos empreendimentos, e os dados obtidos através da empresa eram poucos, porém com o auxílio dessa ferramenta conseguimos demonstrar o perfil geológico geotécnico da região. Portanto, mais importante do que o processamento e a visualização do

modelo, é a sua interpretação, que depende do conhecimento geológico da área, do domínio do pacote computacional utilizado e experiência do profissional para a análise técnica do problema em questão. Apenas o conhecimento técnico nem sempre garante uma boa demonstração, como observamos nos modelos estratigráficos com a sobreposição de imagens, a ferramenta pode permitir modelos bonitos, porém errôneos.

Ainda a fim de ratificar o modelo geológico desenvolvido nesta dissertação, é possível compará-lo com o perfil esquematizado por Castello e Polido (1986) onde o perfil típico da região definida por eles se equivalem ao perfil litológico desenvolvido nesta pesquisa.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da área em estudo já estar tomada por construções, os modelos geológico-geotécnicos gerados tem uma importância no campo da engenharia para o estudo da subsuperfície e tem por função auxiliar na compreensão da formação geológica do local através das camadas litoestratigráficas na área, além de auxiliar na gestão da construção civil otimizando o planejamento e desenvolvimento de estruturas do subsolo em áreas da cidade e de assessorar empresas de sondagem e facilitar suas futuras atividades nos estudos geotécnico-geológicos de subsuperfície auxiliando também estudos patológicos da região.

A definição de uma boa malha de pontos distribuídos de forma regular é imprescindível para obter bons resultados nos modelos desenvolvidos. As sondagens obtidas pelas empresas Areia Branca Engenharia e a Stan Fundações e Construções Cíveis atendiam essa premissa para cada um dos projetos isoladamente, no entanto, para uma análise global se tornavam defasadas, necessitando de dados em áreas em que não haviam sido investigadas. A fim de complementar este trabalho seriam necessárias sondagens em locais onde não existiam informações, como por exemplo na região Sul que corresponde ao bairro Jardim da Penha, pode-se perceber no modelo a criação de um plano por não haver informações suficientes para a interpolação de dados. Portanto quanto maior o número de sondagens utilizadas e mais regularmente espaçadas a sua disposição, mais real e eficaz serão os modelos resultantes. A qualidade dos dados, quanto à execução e descrição, também é importante.

Seguindo essas premissas este trabalho pode ser desenvolvido em qualquer outra área de interesse que tenha uma considerada quantidade e qualidade de dados representativos.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. NBR 6484. **Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos**, Rio de Janeiro, 1980. 8 p.
- ABNT. NBR 8036. **Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios**, Rio de Janeiro, 1980. 3 p.
- ABNT . NBR 9603. **Sondagem a trado, Rio de Janeiro**, 1986. 6 p.
- ACHE TUDO DA REGIÃO. **História de Vitória**. Disponível em: <<https://www.achetudoeregiao.com.br/es/vitoria/historia.htm>>. Acesso 07 de janeiro de 2016.
- ALLESSI, C.C. **Análise Estatística e Geoestatística da Distribuição de CO₂, CH₄, Rn e Microbiota em um Campo Petrolífero do Recôncavo Baiano**, Mar/2011. p. 218, Dissertação de mestrado, Mestrado em Engenharia Civil, área Geotecnia Ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- ALMEIDA, R. F. R. **Modelagem Geológica do entorno da Lagoa de Jacarepaguá**, Dez/2011. p. 162, Dissertação de mestrado, Mestrado em Engenharia Civil, área Geotecnia Ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- AHMAD, C. S. et al. **Mechanical properties of soft tissue femoral fixation devices for anterior cruciate ligament reconstruction**. Am J Sports Med, v. 32, n. 3, p. 635-40, Apr-May 2004. ISSN 0363-5465 (Print). Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15090378>.
- BRICALLI, L. L. **Caracterização litoestratigráfica, geotécnica e correlações com a ocorrência de processos de movimento de massa em talude da Formação Barreiras (Cariacica-ES)**. Revista Geografares , v. 19, p. 3-27, 2015.
- BRICALLI, L. L.; **Padrões de lineamentos e Fraturamento Neotectônico no Estado do Espírito Santo (Sudeste do Brasil)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ – Rio de Janeiro – RJ.
- CASTELLO, R.R.; POLIDO, U.F. **Algumas características de adensamento das argilas marinhas de Vitória-ES**. In: VIII COBRAMSEF – 8º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, Porto Alegre, RS. Anais, 1986.
- CASTELLO, R.R.; POLIDO, U.F. **Densificação de areia com rolo vibratório para fundação direta**. In: VII COBRAMSEF – 7º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. Olinda, Recife, PE. Anais, 1986.

- CASTELLO, R. R.; POLIDO, U.F. **Tentativa de sistematização geotécnica dos solos quaternários de Vitória, ES.** In: DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS DAS BAIXADAS LITORÂNEAS BRASILEIRAS: ORIGEM, CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS E EXPERIÊNCIAS DE OBRAS. Rio de Janeiro, RJ: ABMS. Anais, v. 2, p. 3.1 – 3.23, 1988.
- CASTELLO, R. R.; POLIDO, U.F. **Investigação geotécnica.** Vitória, ES: Centro Tecnológico – UFES, 1997.
- CONDE, K.M; PINA, S.A.M.G. **Morfologia urbana e desenho urbano em bairros de Vitória/ES.** São Paulo, SP: III ENANPARQ, 2014
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, Carta geológica, 2013. Escala 1:100.000
- DE OLHO NA ILHA-VIX. **Histórico dos Aterros da Baía de Vitória – ES.** Disponível em:<<http://deolhonailha-vix.blogspot.com.br/2010/08/historico-dos-aterros-da-baia-de.html>>. Acesso em 07 de janeiro de 2016.
- DONAHUE, T. et al. **Comparison of viscoelastic, structural, and material properties of double-looped anterior cruciate ligament grafts made from bovine digital extensor and human hamstring tendons.** Journal of biomechanical engineering, v. 123, p. 162, 2001.
- ENDO, V. T. et al. **Investigação de Métodos de Fixação de Ligamentos e Tendões em Ensaio de Tração Uniaxial.** Primeiro Encontro de Engenharia Biomecânica (ENEBI). Petrópolis UFSC: 2 p. 2007.
- GEOBASES – Sistema Integrado de Bases Georreferenciadas do estado do Espírito Santo (Geobases). **Plano de informações: limite estadual, localidades, hidrografia, rede viária.**
- GOODSHIP, A.; BIRCH, H. **Cross sectional area measurement of tendon and ligament in vitro: a simple, rapid, non-destructive technique.** Journal of biomechanics, v. 38, n. 3, p. 605-608, 2005.
- JESUS. **APLICAÇÃO DA GEOMÁTICA PARA DEFINIÇÃO DE MODELOS GEOLÓGICO.** 15º Congresso Nacional em Geologia e Engenharia Ambiental, 2012.
- MMA.<http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/es_erosao.pdf>. Acesso em 08 de janeiro de 2016.
- NOYES, F. et al. **Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions.** JBJS. 66: 344-352 p. 1984.
- NOYES, F. R. et al. **Intra-articular cruciate reconstruction. I: Perspectives on graft strength, vascularization, and immediate motion after replacement.** Clin Orthop Relat Res, n. 172, p. 71-7, Jan-Feb 1983. ISSN 0009-921X (Print). Disponível em:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=6337002>. ~

PONTÍFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO – PUC-SP. **Grande Vitória/ES Desenvolvimento e Metropolização.** Acervo disponível em: <http://www4.pucsp.br/artecidade/mg_es/textos/grande_vitoria_metropolizacao.pdf>. Acesso em 07 de janeiro de 2016

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA/ES. **História dos Bairros.** Disponível em: <http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/historia_bairros.asp>. Acesso em 07 de janeiro de 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA/ES. **Localização.** Disponível em: <<http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/localizacao.asp>>. Acesso em 08 de janeiro de 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA – PMV. 2016.

RockWorks. Tutorial. 2008.

SCIELO – Revista Brasileira de Geografia. **Morfologia e distribuição sedimentar em um sistema esturiano tropical: Baía de Vitória/ ES.** Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-261X2009000400006&script=sci_arttext>. Acesso em 08 de janeiro de 2016.